Marcelo Gomes Germano

Uma nova ciência para um novo senso comum

Uma nova ciência para um novo senso comum

Marcelo Gomes Germano

Uma nova ciência para um novo senso comum

Campina Grande - PB
2011

Dedicatória

Aos meus pais *Delmiro Germano de Araújo (In memória)*, homem de poucas letras e muita coragem para o trabalho e *Cleide Gomes Germano*, eterna professora, ser humano especial, último esteio de minha vida.

A minha esposa e companheira *Nadjay* que, no cuidado permanente comigo e com os filhos, tornou-se uma coautora indireta deste trabalho.

Aos meus rapazes *Ramon Bolivar e Ruan Bolivar* pela compreensão e paciência nos momentos de isolamento e descuido com as palavras.

Agradecimentos

A Deus, senhor de todo o mistério, por ter sido o único Tu naqueles momentos de grande solidão, devolvendo-me a coragem para superar as dificuldades enfrentadas ao longo do percurso de construção deste trabalho.

Ao *Profº. Dr. Wojciech Andrzej Kulesza* pela amizade e orientação paciente, mas, sobretudo, por ter me ensinado a mais importante e difícil das lições: o caminho da liberdade e do livre arbítrio.

A *José Francisco de Melo Neto* e *Cidoval Morais de Sousa* pelas várias contribuições durante os encontros formais e as conversas informais e enriquecedoras.

A todos os colegas da segunda turma, em especial, *Amparo, Agostinho, Maria Helena, Graça Batista, Geovani, Tânia, Roberto, Rita, Ronney, Zé Luiz, Conceição e Fábio* que, partilhando saberes, alegrias, angústias e sofrimentos, nunca me deixaram desanimar diante dos obstáculos necessários a construção deste, como de qualquer outro caminho.

A Maria Dar'ck, irmã querida, pelo acolhimento em sua casa durante os primeiros anos dos cursos de Mestrado e Doutorado.

A *Lamartine e Marizélia, Aníbal e Rosário, Norma e Leleto,* parentes e amigos de todas as horas, ainda mais presentes nestes momentos de construção acadêmica.

A *Universidade Estadual da Paraíba - UEPB* pelo apoio financeiro e a liberação das atividades acadêmicas ao longo desses quatro anos.

A todos os colegas do Departamento de Física pelo incentivo e total apoio durante os processos de minha liberação.

A todo o povo trabalhador que, em seu esforço anônimo, patrocinou a construção desta pesquisa que, espero sinceramente, possa contribuir para a sua emancipação social.

Sumário

Capítulo II

Os impasses e a crise da ciência moderna

Capítulo III

Uma nova ciência para um novo senso comum

Capítulo IV

Popularização da ciência e tecnologia: limitações e possibilidades

Capítulo V

Prefácio

O processo de comunicação do saber pressupõe algum tipo de diferença entre os agentes envolvidos para que seja efetivo. Tradicionalmente, essa diferença tem sido percebida negativamente como uma assimetria, como uma lacuna, uma deficiência ou mesmo uma inocência, a ser suprimida para o bem ou progresso da sociedade. Durante a comunicação, tanto os agentes sociais coletivos, como a mídia ou a escola, quanto os individuais, como o cientista ou o professor, estariam procurando melhorar ou tornar mais completo, o saber do público ou dos estudantes a respeito de um determinado fenômeno. Isso se exprime simbolicamente pela persuasiva metáfora iluminista: trata-se de iluminar, esclarecer os que vivem na escuridão da ignorância para que todos possam se situar numa mesma posição de igualdade ao avaliar o que fazer numa situação que envolva o conhecimento daquele fenômeno.

Assim, a diferença considerada aparece normalmente em nossa vida social como um desnível, ocupando o agente emissor (e essa terminologia é característica dessa assimetria) uma posição sempre superior, epistemo, onto e até axiologicamente falando. Trata-se invariavelmente de elevar, de soerguer sua consciência acima do senso comum e até mesmo de tornar o agente receptor mais capaz de

realizar sua própria condição de humano. Certamente inspirada por uma diferença natural tal como aquela existente entre criança e adulto, nova e velha geração, essa assimetria, quando gerada no interior de uma relação entre seres pretensamente iguais, acaba por conferir ao agente emissor um poder que pode torná-lo capaz de conduzir o processo de conhecimento a seu bel prazer, de modo a subordinar completamente vontade e consciência do receptor. Enquanto o primeiro age ativamente, espera-se que o segundo se satisfaça passivamente.

Ao contrário de vasos comunicantes, nos quais diferentes níveis são igualados pela pressão atmosférica, nessa comunicação assimétrica, procura-se igualar os níveis de conhecimento pela elevação do mais baixo ao mais alto. Em princípio, um mesmo agente pode elevar o nível de inúmeros sujeitos, sem aparentemente sofrer qualquer alteração em seu próprio estado. O Sol brilha para todos sem que por isso se altere sua luminosidade. Todavia, o processo de comunicação se instaura exatamente para dissolver essa assimetria, para que ambos comunguem do mesmo nível de conhecimento a respeito do fenômeno considerado sem que, evidentemente, se reduza um agente a outro. E, para que isso ocorra, é fundamental que o agente avalie constantemente sua ação comunicativa para verificar sua efetividade.

Ou seja, para tornar o processo mais eficaz, ele precisa necessariamente ser perturbado (como qualquer observador que procura refinar suas medidas), o que pode modificar seu estado inicial e até mesmo seu saber original. O processo de retroalimentação da teoria de sistemas, a interatividade almejada pela mídia e a procura de uma aprendizagem significativa por parte da psicologia

educacional são técnicas desenvolvidas exatamente para realizar a contento a redução da assimetria primitiva sem subverter todo o processo, isto é, sem dissolver a assimetria original que o motivou, tomada sempre como condição de contorno inexorável da comunicação.

Como o processo de comunicação está inscrito numa teia de relações sociais, almeja-se sempre que ele seja instrumental para a reprodução social, fazendo com que aquele saber determinado possa ser ideologizado, reforçando-se assim a dominação de classe, gênero, etnia ou geração. Pode-se correr o risco, tal como na dialética hegeliana do senhor e do servo, do emissor se apropriar do saber do receptor e restituí-lo como se ele sempre lhe houvesse pertencido. De qualquer maneira, principalmente no caso de ciências positivas modernas como a física, o desnível de conhecimento, a assimetria é tão grande, que raramente considera-se que o conhecimento científico possa ser perturbado, reduzindo-se normalmente o receptor a uma tábula rasa aonde cabe somente imprimir o conhecimento tal como concebido pelo emissor.

A evidente incomensurabilidade introduzida entre os agentes neste tipo de abordagem, com todas suas consequências negativas, que vão desde a ineficácia da comunicação até o mal-estar da relação entre os agentes, tem sido objeto de análises críticas que procuram lidar com essa assimetria de modo a eliminá-la ou, ao menos, atenuá-la. Entretanto, a grande maioria desses estudos e propostas encontrados na literatura especializada localiza o problema no agente emissor, em sua formação, no conhecimento por ele veiculado ou na maneira de fazê-lo, dificilmente preocupando-se com o estado, a posição, as circunstâncias

ou condições envolvendo a situação do receptor. A expressão, "concepções alternativas", eufemisticamente utilizada para descrever os conhecimentos originais dos receptores rejeitados pela ciência do emissor, ilustra bem essa tendência de menosprezar a sua contribuição ao processo de comunicação.

Este estudo do professor Marcelo Gomes Germano, originalmente apresentado como tese de doutorado em educação junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal da Paraíba sob o título "Popularização da Ciência e Tecnologia: um discurso na interface entre uma nova ciência e um novo senso comum", procura, radical e vigorosamente, resgatar o papel do saber popular no processo de comunicação da ciência e da tecnologia. Na introdução do trabalho, tomando como pressuposto o valor inerente do conhecimento do receptor em qualquer processo de comunicação, o autor questiona exatamente porque esse saber tem sido olvidado pela maior parte da comunidade científica moderna, tanto quando tratam com o público em geral, como quando, ao praticarem a ciência normal kuhniana, estão diretamente engajados na formação de futuros cientistas. Professor de física da Universidade Estadual da Paraíba, Marcelo começa sua análise no Capítulo II fazendo uma reconstrução, estreitamente associada à história dessa disciplina, do que viria a se constituir como modelo ideal de produção de conhecimento: a ciência moderna. Nessa trajetória, ele já vai destacando os aspectos da ciência que mais tarde serão objeto de crítica impiedosa, a ponto de ensejar até a concepção de um novo estágio no caminho do conhecimento: a pós-modernidade. Exercitando dialeticamente a contradição entre uma visão internalista, na qual o

próprio fazer científico é considerado fonte suficiente para a explicação histórica, e a visão externalista, que reconhece determinações sociais externas para o surgimento das descobertas científicas, o autor supera a dicotomia positivista entre ciências humanas e ciências naturais, preparando assim o terreno para analisar os impasses atuais da ciência moderna no Capítulo II.

Nesse capítulo, Marcelo nos dá uma descrição sintética da crise da modernidade, analisando as encruzilhadas interpostas no desenvolvimento histórico da ciência e que continuam a surgir continuamente. Depois de expor as várias tentativas lógicas, epistemológicas ou metodológicas dos filósofos da ciência em dar conta dos problemas suscitados pelo fazer científico e suas aplicações tecnológicas, Marcelo sai em busca de contextualizações mais gerais dessas questões. Recusando-se a recorrer ao conceito limitado de "revolução científica" como solução para a crise atual da ciência - como se ela fosse meramente uma "crise de paradigmas" - o autor procura aquelas formulações que a situam num quadro mais compreensivo da atual condição humana. A questão das desigualdades sociais, a fome e a doença no mundo, o problema ambiental, as armas nucleares, a questão da violência em geral, enfim, o futuro da humanidade, tudo aquilo relacionado pelos críticos da ciência em crise é esmiuçado pelo autor em busca de uma espécie de "ciência fundamentalista", ainda poderosa epistemológica e eticamente correta.

As consequências dessa "utopia necessária" para a problemática em questão nos são apresentadas no terceiro Capítulo: a necessidade de "uma nova ciência" como decorrência de "novo senso comum" pós-moderno. Rastreando

os principais autores que vincularam a crise da ciência com os desafios de uma comunicação popular, nesse capítulo, "entre rupturas e continuidades", Marcelo começa por dissolver a clássica distinção entre sujeito e objeto de conhecimento, recupera a equivalência entre emissor e receptor no processo de entendimento, procurando instaurar novamente as condições originárias de dialogicidade do saber, para aplicá-las finalmente ao processo de difusão do conhecimento científico e tecnológico.

Dessa forma, Marcelo elabora uma dimensão do problema independente do espaço geográfico e do tempo histórico – ao modo da quinta dimensão de Norbert Elias – erigindo uma quintessência comum para as diferentes "representações" dos fenômenos que, por sua vez, constituiria a base necessária para supressão da assimetria do processo de comunicação característica da modernidade, barreira maior para a instauração de uma verdadeira reciprocidade na comunicação. Ou seja, o autor argumenta que a solução para o problema, por ele formulado em termos da "popularização da ciência e tecnologia", repousa fundamentalmente no restabelecimento do diálogo entre os agentes envolvidos.

Finalmente, nos capítulos derradeiros, de posse de sua teorização, Marcelo envereda pelo mundo das experiências realizadas na área em busca da interlocução necessária para tornar mais convincente sua solução do problema. O confronto com a realidade empírica permite que ele apure seu discurso, estendendo-o a domínios da ciência e tecnologia ainda não considerados. Temas como o encontro imprevisto da América, a revolução copernicana, a descoberta do oxigênio, a pasteurização, a teoria da evolução, a energia

nuclear, as vacinas, a conquista do espaço, a clonagem humana, a transposição do Rio São Francisco, o aquecimento global, os transgênicos, para fixar apenas exemplos notórios, têm levantado ao longo do tempo a questão do "entendimento público da ciência", ensejando uma complexa gama de respostas.

Analisando historicamente os diferentes conceitos que têm sido produzidos em torno dessa temática, o autor adota enfaticamente o termo "popularização" como o mais adequado para exprimir seu equacionamento da questão. Voltando-se enfim para as "limitações e possibilidades" de sua solução para a questão aqui e agora no Brasil, Marcelo analisa as iniciativas, tanto da sociedade civil como do Estado, que têm sido tomadas na área, elencando e analisando todos os argumentos que são esgrimidos em prol da "popularização da ciência e tecnologia", expressão que inclusive dá nome a um departamento do atual Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil.

Temos a certeza de que a leitura deste livro por alunos e professores, cientistas ou leigos e pelo público em geral, como texto indubitavelmente integrante da produção científica e tecnológica nacional, contribuirá para "popularizar" a tese do autor acerca da absoluta necessidade do exercício do diálogo na comunicação humana, não tanto para que cientistas e público se entendam, mas para que todos tenham uma percepção minimamente equivalente dos benefícios e riscos da ciência e da tecnologia para a civilização.

Wojciech Andrzej Kulesza

Introdução

Se as coisas são intangíveis... ora
Não é motivo para não querê-las...
Que tristes os caminhos não fora
A mágica presença das estrelas
(Mário Quintana).

Os meus primeiros contatos com o discurso da ciência estão situados, mais ou menos, no primeiro ou segundo ano do antigo ensino primário, e o Grupo Escolar Major José Barbosa compõe uma parte do cenário onde tudo começou. As imagens de esqueletos, plantas e pássaros e de um menino com os braços estendidos como se buscasse orientação no mundo, permaneceram como lembranças de um primeiro livro de ciências: O PEQUENO CIENTISTA. Tempo de muitas brincadeiras em um cenário quase familiar onde tive a sorte de viver a minha infância. Naquela época, a luz era a motor e, logo cedo, a escuridão invadia as noites, contrastando com o magnífico espetáculo de um céu infinitamente marcado de estrelas. Nós, os meninos, enturmados nas calçadas contávamos estórias de assombração e olhávamos o céu admirados. Foi numa dessas noites orvalhadas de vida e beleza que me nasceu o desejo de ser cientista. Se, como dizia meu livro, eram eles, os cientistas, que entendiam os mistérios do céu, com certeza, eu queria ser um.

O tempo passou e tornei-me professor de Física, uma das mais respeitadas ciências da atualidade. Fiz pós-graduação na área de Gravitação e Cosmologia e descobri mistérios e segredos revelados por outras linguagens. A concepção de ciência e de cientista também foi mudando ao longo do tempo e os sonhos poéticos de um "pequeno cientista" foram sendo confrontados com a realidade de uma ciência fria, impessoal, poderosa e perigosa. O cientista, que Whitney comparava a um garoto curioso e pronto a comunicar suas descobertas, revelou-se profissional, rigoroso, pontual e servo fiel de um poder estranho aos domínios de seu conhecimento. O mito da neutralidade e da ciência como principal benfeitora da humanidade, prostrou-se diante de um mercado que transformou o conhecimento em uma de suas principais mercadorias, fonte de valor e de riqueza. O que restava a fazer? Abandonar o caminho da razão? Impossível. Afinal, como diria Fromm (1984), o conhecimento, nosso maior privilégio, é também o nosso grande castigo. Se impusemos um modelo de civilização global quase completamente dependente da ciência e da tecnologia, construído sobre fundamentos em que quase ninguém entende a ciência e a tecnologia que invade e domina seu cotidiano, estamos diante de um perigoso paradoxo que não nos permite a omissão de bater em retirada. Pelo contrário, impõe-nos a tarefa gigantesca de lutar, com muito empenho e sabedoria, no sentido de construir uma ciência mais humana, alegre e comprometida com os interesses de bilhões de homens e mulheres, trabalhadoras e trabalhadores anônimos que, expostos a toda sorte de sacrifícios, patrocinaram e continuam patrocinando, sem mesmo o saberem, toda uma produção de conhecimento que, não muito raramente, prefere colocar-se contra eles.

Certamente que, o conhecimento produzido sobre os fundamentos de uma sociedade profundamente desigual em suas bases materiais e dividida em classes que se antagonizam por interesses adversos, também se encontra distribuído, de uma forma assimétrica e excludente, onde os reconhecidos avanços na produção científica e tecnológica contrastam com uma evidente e vergonhosa realidade de pobreza e analfabetismo.

Não seria necessário um grande esforço de abstração teórica para antever na desigualdade produzida a partir da negação do acesso aos bens materiais, um consequente desequilíbrio no que diz respeito ao conhecimento científico e aos demais benefícios da cultura em geral. Todavia, na nova sociedade onde o conhecimento científico e tecnológico tornou-se uma das principais moedas de riqueza e poder, a distinção entre pobres e ricos não será mais feita apenas pelo parâmetro da carência de bens materiais, mas, sobretudo, pela possibilidade de acesso ao conhecimento e a participação no processo de sua produção. Nesse contexto, não é suficiente a busca pelo diálogo entre os vários campos do conhecimento interditados pelas especificidades de incontáveis disciplinas, fato que é denunciado por Snow (1995) ao revelar o profundo abismo que separa as culturas humanistas e as ciências naturais. Urge ampliar esta busca até alcançar a todos os setores da sociedade, principalmente os mais atingidos pelo processo de exclusão.

É a partir dessa contradição que se articulam os vários discursos e práticas no que se costuma chamar de *popularização da ciência e tecnologia* (PopC&T). Embora as motivações, justificativas e interesses sejam distintos,

todos os envolvidos parecem concordar, pelo menos em tese, com a necessária ampliação do acesso ao conhecimento científico e tecnológico. Em muitos casos, porém, as iniciativas são ambíguas e apenas contribuem para acentuar ainda mais o abismo entre uma cultura dita científica e a cultura geral.

Os argumentos favoráveis ou contrários a tais iniciativas são controversos. Para alguns, a ciência é matéria para iniciados e anda mesmo na contramão dos saberes de senso comum. Nesse caso, qualquer tentativa de tradução deste conhecimento para uma linguagem mais acessível, conduziria a um processo de descontextualização negativo, uma construção de imagens caricaturadas de processos abstratos e impossíveis de serem comunicados aos não cientistas. Outros, pelo contrário, apoiados em argumentos de natureza político-social reclamam a urgência de uma cruzada permanente em defesa de uma maior democratização do acesso ao conhecimento, sobretudo o conhecimento científico e tecnológico, visto como um patrimônio universal da cultura. Em meio a este debate, ainda destaca-se a questão da invasão cultural e do respeito a outras formas de conhecimento, confrontando o multiculturalismo a uma possível uniformização da cultura pela ciência e a tecnologia.

A ideia de construir um trabalho nesse território do conhecimento está assentada em uma história de militância política junto aos movimentos sociais, organizações de classe e partidos políticos em cruzamento com uma trajetória profissional como professor do Curso de Licenciatura em Física (UEPB) com interesse e especialidade em Ensino de Ciências.

Primeiro vieram os trabalhos de militância política junto às comunidades, que hoje compreendo como sendo um esforço enorme de popularizar algumas das ideias construídas no universo das ciências sociais. Mais tarde, como consequência natural, uma atuação acadêmica orientada por uma visão diferente do ensino de ciências e uma preocupação permanente com a formação de professores. Por fim, considerando um ponto de vista mais operacional, esta escolha teria nascido em função de uma experiência vivenciada entre os anos 2002/2004 quando, enquanto membros do Curso de Licenciatura em Física, fomos convidados a participar de um projeto de divulgação científica em parceria com o Museu Vivo da Ciência em Campina Grande. O reencontro com a educação não formal nos confrontou com um outro universo de atuação, recolocando velhas questões de nossa prática social que, no encontro com o ensino da ciência Física, se traduziu nas seguintes questões.

Como a linguagem da ciência, nascida no interior da cultura, pôde se distanciar tão fortemente da linguagem do senso comum, tornando-se super-especializada ao ponto de querer se sobrepor à cultura geral? Por que uma forma de conhecimento (o científico) acabou pretendendo-se o conhecimento por excelência? Seria da própria natureza da ciência o inexorável caminho da especificidade, com uma fatal e crescente dificuldade de comunicação entre cientistas e cultura geral? Diante do impressionante avanço da ciência e tecnologia, com um discurso articulado a partir de uma linguagem tão hermética e específica que cria dificuldades até mesmo para os seus principais interlocutores (os cientistas), qual o sentido das falas e práticas em PopC&T?

Como, no contexto da ciência moderna, vinculada a uma sociedade desigual e de bases capitalistas, pode-se vislumbrar a possibilidade de diálogo entre o conhecimento científico e os saberes populares e de senso comum?

Esse conjunto de indagações constitui o universo do problema que suscitou a construção deste trabalho de pesquisa. De certo, não apresentaremos respostas completas para todas essas inquietações muito próprias de nosso tempo. Não obstante, a partir da escolha de uma questão fundamental, poderemos adentrar neste universo para trazer alguma contribuição no sentido de conhecer e transformar essa realidade. Sobretudo, revelando os níveis de complexidade que envolvem qualquer processo consistente no sentido de fazer a ponte entre o conhecimento formal e acadêmico e os saberes populares.

Se for razoável que o cientista necessita comunicar suas "descobertas", não é menos razoável, que esta comunicação tem sido cada vez menos trivial. Embora a capacidade atual dos meios de comunicação seja fantástica, a linguagem de cada pesquisador encontra-se protegida pela especificidade de seus próprios códigos. Assim, tanto no que se refere à codificação particular da linguagem como no que diz respeito ao controle e privatização inerentes aos interesses econômicos, o conhecimento científico sempre esteve e, certamente continuará, envolvido com a antiga e inevitável questão do poder.

Nesse sentido, a importante crítica, desfechada contra os fundamentos dogmáticos e deterministas da ciência moderna, tornou-se um importante referencial que, construído a partir da segunda metade do século XX e no

contexto da crítica ao capitalismo, ao fascismo, e ao comunismo burocrático de inspiração stalinista, continua sendo de grande valia para o contexto de nossa discussão. Se é tanto possível como urgente e fundamental intensificar a busca pelo diálogo entre o conhecimento científico e os saberes de senso comum, também é fato que, nos limites de compreensão de uma ciência determinista, autoritária e fragmentária, essa tarefa será considerada inoportuna e desnecessária.

Este trabalho nega a obviedade que trafega nos discursos e práticas de *difusão e divulgação da ciência*, trazendo a público os níveis de complexidade que envolvem este debate, tão antigo quanto a ciência. Sustentamos a tese que as intervenções voltadas para a PopC&T só vão encontrar sentido em um novo contexto de compreensão do senso comum e da própria ciência. Assim como Santos (2003, 2004a), embora em um contexto diferente, também defendemos a tese de uma necessária ruptura epistemológica com a ciência moderna como pressuposto necessário às iniciativas de Popularização da Ciência e Tecnologia. Somente a partir de uma nova compreensão do senso comum, aliada aos indícios que apontam à gênese de uma nova ciência e nos limites de uma prática pedagógica de natureza emancipatória, esse diálogo tornar-se-á possível, ou seja, somente de uma perspectiva crítica da ciência, aliada a uma visão utópica da emergência de um novo paradigma científico, podemos enxergar as possibilidades e limitações envolvidas no debate público de Popularização da Ciência e Tecnologia no Brasil.

O livro está organizado em duas partes principais. Na primeira parte, procuramos resgatar alguns momentos principais dentro do processo de construção, consolidação

e crise do que hoje chamamos de ciência moderna. Na segunda parte, defendemos a tese de uma nova ciência e uma nova visão do senso comum, condição necessária, embora não suficiente, ao diálogo entre o conhecimento científico e os saberes populares.

Durante o primeiro capítulo, procedemos a uma rápida incursão na busca de nos aproximarmos conceitualmente de alguns termos julgados fundamentais a uma compreensão mais profícua de todo o conjunto da tese, partindo do conceito de *saberes e técnicas,* passando pelos conceitos de *ciência e tecnologia,* até concluir com um conceito preliminar do que seja a *ciência moderna*. A partir daí, acorremos à reconstrução de alguns fatos históricos que teriam concorrido para a construção de um racionalismo científico de caráter físico-matemático que, além de sobrepujar os saberes próprios aos sentidos imediatos, afastando-se da empiria e rompendo com o senso comum, também teria conduzido à vitoriosa consolidação de uma ciência de caráter disciplinar universal e determinístico: *a ciência moderna*. No mesmo processo, enquanto se consolida o distanciamento entre as duas linguagens (científica e de senso comum), do lado da ciência, vai se construindo um projeto unificador em que uma série de conhecimentos fragmentários vão sendo unificados[1] dentro de um quadro mais abrangente que procura explicar diversos fenômenos a partir de uma lei única, mais simples e universalmente

1 A palavra *unificação* estará sendo utilizada aqui como descrição de fatos diversos, abrangendo campos cada vez mais amplos, a partir de uma única (ou poucas) causa primária e subjacente a todos eles. Significa, pois, compreender de que modo efeitos aparentemente diversos são, de fato, explicáveis a partir de um único e particular modelo (ALVARENGA, 1997; SALAM, 1993).

articulada. Essa ideia poderosa e persistente acabou desencadeando uma espécie de generalização reducionista, sobretudo, após a formulação e aperfeiçoamento da mecânica newtoniana.

De outro lado, a vitoriosa construção do projeto mecanicista encontrará apoio e ressonância em todo um arcabouço filosófico que, dentro de um processo de realimentação, conduzirá ao que mais tarde será entendido como as bases de sustentação filosófica da ciência moderna. Ainda neste capítulo, destacamos alguns dos traços principais das mais importantes correntes filosóficas que deram sustentação a este ambicioso projeto. De Bacon a Kant, procuramos reconstruir um quadro característico que permitisse ao leitor uma visão geral de parte da arquitetura de construção da filosofia moderna. Para concluir, procedemos a uma digressão histórica que faz o resgate de algumas das mais importantes conquistas e promessas difundidas pela ciência moderna, chamando a atenção para o exagero de expectativas, otimismo e confiança despertados nos anos dourados da modernidade.

De fato, como escreve Hobsbawm (1995, p.504), “nenhum período da história foi mais penetrado pelas ciências naturais nem mais dependente delas do que o século XX”. Mas, é justamente nesse século que vamos assistir ao grande “mal-estar da modernidade”, com a reconhecida crise do paradigma moderno e suas implicações epistemológicas.

A partir desta premissa, reservamos o segundo capítulo para construir um quadro geral que procura caracterizar e justificar o que estamos reconhecendo como fortes

indícios de uma crise[2] da ciência moderna. Neste percurso, procuramos resgatar alguns acontecimentos que evidenciam aspectos relevantes das crises internas ao próprio universo da ciência e de sua epistemologia, como também, recuperar algumas das mais contundentes críticas dirigidas à ciência em sua formatação clássica. Neste sentido, considerando que a ciência é apenas um dos vários esteios de sustentação do paradigma moderno, antes de particularizar a discussão para algumas das mais importantes crises internas a este universo, iniciamos o capítulo construindo um quadro geral que procura caracterizar o que se entende como modernidade. Por outro lado, dado que a crise não se processa apenas no contexto da ciência, chamamos a atenção para algumas revoluções que atingem outros pilares de sustentação do paradigma moderno. As crises na família, na escola, no Estado e no mundo do trabalho são apresentadas como evidências do mal-estar que circunda a modernidade.

Em um segundo momento, resgatamos importantes episódios que definem algumas das crises internas ao universo da própria ciência. Partindo da irreversibilidade dos processos termodinâmicos e a sua incompatibilidade com a reversibilidade da mecânica newtoniana, passando pela Teoria da Relatividade Especial com o seu questionamento aos conceitos de espaço e tempo absolutos, até a mecânica quântica, que estabelece parâmetros de

2 Ao utilizarmos a expressão "crise da ciência moderna" não estamos atestando o colapso factual e inevitável da ciência moderna, mas uma condição de mal-estar que amplia os espaços e oportunidade de ações transformadoras, sem nenhuma garantia dos possíveis resultados aonde este processo possa nos levar.

incerteza como princípio regulador das medidas físicas no universo subatômico.

Ainda neste capítulo, recuperamos o debate epistemológico para, independente das especificidades de cada corrente, evidenciar os diferentes aspectos da crítica ao positivismo lógico. Mais um paradigma da ciência moderna, que não se sustenta. Para concluir, resgatamos algumas das mais importantes críticas dirigidas à ciência moderna. Críticas filosóficas e sociológicas que vão, desde o esforço teórico da Escola de Frankfurt, até a crítica gramsciana, terminando com o olhar contemporâneo do sociólogo português, Boaventura de Sousa Santos.

No quarto e último capítulo, reiteramos a tese de que os próprios objetivos subjacentes às iniciativas de popularização da ciência demandam a utopia de uma nova ciência. Uma ciência que deve assumir como fundamento essencial a comunicação com outros saberes, sobretudo com os saberes do senso comum. Se, conforme o paradoxo sugerido por Lévy-Leblond (2006), uma cultura científica é impossível e ao mesmo tempo necessária, o nosso caminho é um caminho aparentemente fadado à impossibilidade. Mas, como as crianças, os bêbados, os loucos, os poetas e os santos, nós, os cientistas, também somos convocados a encarar o impossível como realidade.

Não é a primeira vez, nem será a última, que ouviremos discursos apontando para horizontes de uma nova ciência. Galileu não teve cerimônias em anunciar, não uma, mas "*duas novas ciências*". Bacon também apontou o caminho de uma nova ciência em sua conhecida proposta de *Instauratio Magna Scientiarum*. Não temos a pretensão de apresentar

aqui a linguagem de uma nova ciência, mas apenas, a partir das demandas impostas no presente, apontar alguns horizontes utópicos de mudanças na própria natureza da ciência. Mudanças que, ao mesmo tempo em que são impulsionadas pela necessária popularização do conhecimento científico e tecnológico, são imprescindíveis para a concretização deste. Partiremos do reconhecimento de algumas crises e revoluções constatadas no próprio contexto da ciência moderna. Crises que, como discutimos no capítulo anterior, se não apontam para a certeza de um novo caminho, pelo menos são importantes para reafirmar a dúvida e a inesgotável possibilidade criativa de um ser inacabado e em processo de permanente construção.

O que de fato é realidade nessa nova ciência que parece despontar como anseio e necessidade? Quais os sinais caracterizadores do emergir deste novo paradigma filho e herdeiro de uma modernidade agonizante? Quais os pontos de confluência entre rupturas e continuidades, entre a incomensurabilidade e o elo que permite ao novo paradigma aquele inevitável sentido de pertencimento ao universo da cultura humana? Estas são as questões que discutiremos nesse último capítulo que, dividido em dois momentos fundamentais, inicia-se por uma caracterização do paradigma emergente e termina com uma discussão sobre a nova relação do novo paradigma com o senso comum.

Capítulo I

Ciência moderna: fundamentos de uma nova linguagem

Toda a nossa ciência, comparada com
a realidade é primitiva e infantil – e,
no entanto, é a coisa mais preciosa que temos.
(Albert Einstein).

Os saberes e as técnicas, a ciência e a tecnologia

Saberes e técnicas

"A primeira premissa de toda história da Humanidade, como nos sugere Marx, "é, naturalmente, a existência de indivíduos humanos vivos", e a segunda que, " Ao produzirem os seus meios de vida, os homens produzem indiretamente a sua própria vida material" (MARX & ENGELS, 1984). O trabalho é, portanto, o principal fundamento da vida humana e, em certo sentido, criou o próprio homem.

De fato, como aponta Engels (1984), as primeiras ferramentas utilizadas pelos homens foram as próprias mãos e foi no processo de desenvolvimento do trabalho que surgiram as técnicas primitivas.

Por alguma circunstância adversa, uma determinada espécie de primata teria sido obrigada a descer das árvores e aventurar-se pelas planícies. Os membros superiores, livres

de suas antigas obrigações, puderam desenvolver outras habilidades, principalmente habilidades técnicas, importantes para sobrevivência da espécie. A *técnica* – como meio apropriado de atingir determinado objetivo – nasce, assim, como um prolongamento do próprio organismo, como uma tática de sobrevivência de uma espécie defeituosa que se descola da natureza pela via do trabalho e da cultura.

Conforme essa teoria, algum tipo de macaco que existiu há milhares de anos, pôde evoluir principalmente através de sua ação no enfrentamento com a natureza, sendo o uso das mãos, fator decisivo para essa importante transição.

> Devido precisamente a esta maneira de viver, em que as mãos, ocupadas para se firmarem nos galhos, desempenhavam funções diferentes das dos pés, os macacos foram, pouco a pouco dispensando-as para o ato de caminhar no chão e assumindo desta forma uma postura cada vez mais ereta. Deu-se assim, o passo decisivo na transição do macaco ao homem (ENGELS 1984, p. 9/10).

Os benefícios adquiridos pela nova maneira de utilizar as mãos, tornando-as cada vez mais hábeis, iriam repercutir no conjunto do corpo através dos chamados, reflexos da correlação do crescimento, teoria sugerida por Darwin. Portanto, a evolução das mãos, através do trabalho, teria provocado um desenvolvimento correlato no cérebro de uma determinada espécie de primata que, a partir do fazer, da antecipação do pensamento à ação e da capacidade de elaboração abstrata, teria desencadeado o processo de construção da espécie humana.

Contudo, é necessário acrescentar que, ao transformar a natureza, o homem já o faz articulando-a simbolicamente através da linguagem, principal elemento da mediação simbólica entre a natureza e a cultura, logo não se orienta apenas por necessidades imediatas, mas pelo transcendente, pela imaginação e pelo desejo de dar um novo sentido à realidade. Diferentemente do animal que permanece colado à sua atividade vital, o homem a distingue de si mesmo, descolando-se dela através de ações oriundas de uma vontade consciente. Embora os outros animais também produzam, só o homem o faz em domínios universais, produzindo para si e para outras espécies. O homem não é mais um ser de natureza, mas uma contradição dialética entre a natureza e a cultura[3].

> Essa produção é sua vida ativa como espécie; graças a ela, a natureza aparece como trabalho e realidade *dele*. O objetivo do trabalho é, portanto, a objetificação da *vida como espécie do homem*, pois ele não mais se reproduz a si mesmo apenas intelectualmente, como na consciência, mas ativamente e em sentido real, e vê seu próprio reflexo em um mundo por ele construído (MARX, 2004, p. 9).

É no, e pelo trabalho, que o homem vai se construindo enquanto constrói o mundo. E é através do trabalho que

---

3 Isto não significa que o homem não seja um organismo vivo que faz parte da biosfera, mas que introduziu uma contradição entre o ser biológico e o ser cultural que procura transcender os limites impostos pela própria natureza. Contudo, ainda resta a problemática questão de saber se existe, de fato, um descolamento ou uma simples manifestação da própria natureza através da cultura humana.

tentaremos compreender o processo de transição: dos saberes e das técnicas para a ciência e a tecnologia.

De acordo com Habermas (1983b), a história da técnica pode ser reconstruída do ponto de vista da objetivação progressiva das ações racionais orientadas para fins. Para o autor, a espécie humana teria projetado, sobre os meios técnicos, os componentes básicos destas ações racionais que antes limitavam-se a esfera do organismo, substituindo as funções de movimento (mãos e pernas); a produção de energia (do corpo humano), as funções sensoriais (olhos, ouvidos e pele) até alcançar as funções centrais de controle (do cérebro).

Novamente acreditamos que a consolidação definitiva desse processo só é alcançada a partir do desenvolvimento da linguagem. De modo que,

> ... só passa a ser verdadeiramente *técnica*, como operativa do trabalho, como atividade calculada, coordenadora de meios, quando a aplicação do pensamento se generaliza, quando a eficácia do trabalho é avaliada e seus resultados previsíveis logram esquematizar a experiência – o que pressupõe a linguagem verbal, solo nativo ou principal elemento efetivador da mediação simbólica da cultura com a realidade (NUNES, 1985, p.105).

É, pois, através da cumplicidade social da palavra, coetânea com o trabalho, que se tornam factíveis as *técnicas*, que estão muito mais próximas dos *saberes* e práticas cotidianas e de senso comum. Para Gorz (2005, p.34), existe uma distinção bastante clara entre conhecimentos

e saberes. "O *saber* é, antes de tudo, uma capacidade prática, uma competência que não implica necessariamente conhecimentos formalizáveis, codificáveis..." Um *saber* é aprendido quando, de tal modo a pessoa o assimilou, que não lembra mais que teve de aprendê-lo. O conhecimento formal pode até tornar-se *saber* na medida em que o formalismo for assimilado e, consequentemente, esquecido. Outros autores como Rodrigues (2003) acreditam que reside na motivação uma das diferenças fundamentais entre ciência e saber. Portanto, a sabedoria, como forma substantiva do verbo saber[4], assim como seus cognatos etimológicos, sábio e sapiência, significa o conhecimento procurado com gosto, saboreado. Em "Ciência e Sapiência" e em muitas outras obras, Alves (1999) também aponta os saberes como próximo dos sabores e entende a sabedoria como conhecimento vinculado aos prazeres e a felicidade. Se toda sabedoria envolve ciência, nem toda ciência implica necessariamente em sabedoria. Esta precisão conceitual é importante, para manter clara a distinção entre a *ciência* e os *saberes*, a *tecnologia* e as *técnicas*.

De origem grega (*tékhne*), a palavra técnica está relacionada à utilização de instrumentos, embora possa assumir significados mais amplos tais como: ofício, profissão, habilidade para fabricar, construir ou compor algo. Na opinião de Chauí (1997, p. 225) "a *técnica* é um conhecimento empírico, que, graças à observação, elabora um conjunto de receitas e práticas para agir sobre as coisas".

---

4 Procedente da matriz latina defectiva no supino, *sapio,is,ii, ou ivi, ere* = gostar de, ter gosto de, saborear.

Obra de Hipócrates destinada a transmitir as técnicas da medicina, "*A Tékhne*", é um registro antigo de utilização do termo. Mas é em Aristóteles que vamos encontrar uma concepção mais próxima do conceito atual. Como se sabe, em uma visão aristotélica, a base primordial do conhecimento são as sensações e os contatos imediatos com o mundo. Impregnadas na memória, as repetidas marcas dessas sensações constituem-se em experiências (*Empeiria*) que, a partir de percepções individuais, avançam para associações gerais, dando origem, tanto à "arte" (*Techné*) como à ciência (*Episteme*). Além de estabelecer um conceito para a técnica, também entendida como "arte", isto é, habilidade para construir ou compor determinados utensílios, Aristóteles ainda aponta diferenças entre as artes e a ciência que, além de mais exata e mais completa que a arte, deveria exprimir-se numa linguagem passível de ser comunicável, captando o invariante no interior do processo de transformações das coisas. Conforme Granger (1994), a técnica aristotélica não deixa de ser uma forma de conhecimento razoável, no entanto, a ciência lhe é superior, sobretudo, por se referir ao necessário e permitir a demonstração.

As técnicas são, portanto, aqueles saberes ainda não impregnados pelo conhecimento científico sistematizado; são aquelas habilidades e saberes derivados diretamente das experiências práticas e sem a necessidade prévia de bases teóricas. De acordo com Bernal (1975a), os próprios métodos usados pela ciência teriam a sua origem nas práticas e ofícios manuais cotidianos, de modo que, uma *técnica* seria um processo adquirido individualmente e perpetuado

socialmente[5], de fazer uma determinada coisa, enquanto uma *ciência* seria outra maneira de compreender como se faz aquela coisa, de modo a poder fazê-la melhor. Mas isso diz muito pouco a respeito da atividade científica, bem como do processo envolvido em seu afastamento das técnicas e dos ofícios.

Ciência e tecnologia

A ciência é um fenômeno social tão antigo e vem enfrentando tantas transformações ao longo de sua história que, qualquer tentativa de construir um conceito universal em torno desta atividade seria, no mínimo, incompleta. Talvez Chalmers (1993) tenha razão ao reconhecer na pergunta: "O que é ciência afinal?", que serve de título a uma de suas obras, a premissa arrogante e enganosa de pressupor a existência de uma categoria universal capaz de reunir todas as especificidades da Física, Química, Matemática, Biologia, Sociologia, História..., em um fenômeno único: *a ciência*. Contudo, embora reconhecendo as limitações aproximativas dos conceitos, não podemos prescindir deles de uma maneira radical e completa, sob pena de cairmos em um relativismo extremado e inoperante. Desse ponto de vista, interessa-nos apresentar um quadro genérico de algumas tentativas conceituais em torno do que o consenso resolveu nomear de *ciência*.

5 Os saberes técnicos também se caracterizam pelo modo de sua transmissão, que se realiza essencialmente por tradição oral, e às vezes, através de escritos meio esotéricos ou coletânea de receitas e de descrições de procedimentos legados por séculos de prática. Por exemplo, o *De re metallica* (Sobre a metalurgia) ou o *Théâtre d'agriculture* (tratado de agricultura), ambos do século XVI (GRANGER, 1994, p.25).

Comumente se apresenta a gênese da ciência em termos de uma evolução linear que, partindo dos mitos, passa pela filosofia, até alcançar o status da ciência experimental moderna. Mas este é um percurso que, muitas vezes, não revela o contexto em que tais transições são construídas. Todavia, se entendemos a ciência como conhecimento lógico e sistematizado, que procura explicar as transformações da realidade a partir de conceitos universais, pode-se dizer que teve sua origem na civilização grega antiga, desenvolvendo-se nos períodos clássico e pós-clássico. Foi dos gregos que herdamos a ideia de ciência (*epistéme*) como um conhecimento racionalmente fundamentado, uma *teoria* da realidade. Mas a palavra ciência é de origem latina (*scientia*), que também significa conhecimento.

Sem desmerecer a importante contribuição da ciência primitiva dos egípcios, mesopotâmios, fenícios, hebreus, hindus e chineses, a ciência grega foi, sem dúvida, a que mais influenciou diretamente a nossa cultura científica. Como escreve Ronan:

> Entre todos os povos da Antiguidade ocidental, foram os gregos que não apenas colecionaram e examinaram fatos, mas também os fundiram em um grande esquema; que racionalizaram o universo inteiro, sem recorrer à magia ou superstição (2001, p.64).

No entanto, as bases escravocratas de sua produção material não possibilitaram a aproximação entre teoria e prática, entre ciência e técnica. Na antiga ciência grega, teorética e próxima da filosofia, os cidadãos livres e os filósofos

desprezaram os trabalhos manuais, as técnicas e ofícios como um tipo inferior de conhecimento. A esse respeito, Platão aconselhava: "Temos feito grandes esforços para liberar nossos cidadãos da necessidade de realizar trabalhos manuais". E, seguindo a mesma tradição, Aristóteles, também, via muito mais grandeza no ócio que no trabalho. Para ele "... existe no próprio descanso uma espécie de prazer, felicidade e encantos unidos à vida, mas que se encontram somente nos homens livres de todo o trabalho" (apud MIRANDA, 1998, p, 31-32). Com base nesse pressuposto, ele estabelece uma diferença entre os saberes ligados às técnicas produtivas e o conhecimento científico. Por conseguinte, a ciência aristotélica é uma ciência teórica que, apesar de fundamentar-se em observações de senso comum, estabelece princípios universais e livres das transitoriedades acidentais das experiências cotidianas.

Nesse contexto, apesar da existência de várias técnicas e engenhos mecânicos, até as proximidades do século XV, o desenvolvimento destas, não tinha quase nenhuma relação com a ciência, que se desenvolvia em outro lugar.

Na sociedade medieval, os homens também se encontravam divididos entre servos e senhores. Os primeiros destinados ao trabalho e à servidão e os segundos ao ócio e às especulações teológico-filosóficas. De acordo com Vieira Pinto,

> ...os representantes da classe pensante entregam-se à pura especulação, procurando por intuição e por esforço imaginativo descobrir a essência das coisas, a matéria primeira de que o universo é composto, as entidades divinas que o governam, as

> substâncias imateriais que explicam o comportamento dos seres animados, as forças ocultas que operam os fenômenos extraordinários, as qualidades formais pelas quais os objetos manifestam sua natureza íntima e mil outros problemas metafísicos, ilusórios, resultantes da exclusiva exploração das ideias enquanto tais, desvinculadas da materialidade (1979, p.132).

No contexto da modernidade, a situação não é essencialmente diferente. Eliminam-se os servos e a escravidão, em favor de trabalhadores "livres", mas desprovidos dos meios de produção e subsistência. Na realidade, o trabalho se transforma e assume características diferentes conforme os vários modelos de organização social que vão prevalecendo.

Em algumas formas antigas de organização social, o trabalho era dividido como *cooperação* conforme as capacidades e possibilidades de cada um. Os resultados também eram partilhados igualmente com todos os membros da comunidade, com ênfase no trabalho cooperativo, em uma espécie de comunismo tribal primitivo. A partir dos excedentes de produção, nascem as primeiras possibilidades de troca, o que possibilita a apropriação do trabalho desenvolvido por outros homens e um maior desenvolvimento da propriedade privada. Segundo Marx e Engels (1984), este fato já se verifica na divisão natural do trabalho no interior da família e na separação da sociedade em famílias individuais e opostas umas as outras. Neste processo, se produz uma repartição desigual do trabalho, tanto em qualidade como em quantidade e uma consequente diferença na propriedade.

Nos Manuscritos Econômicos e Filosóficos, Marx sintetiza o pensamento de Adam Smith sobre a divisão do trabalho da seguinte forma:

> a divisão do trabalho confere a este uma capacidade de produção ilimitada. Ela se origina da *propensão a trocar e barganhar*, uma propensão especificamente humana que provavelmente não é acidental, porém determinada pelo uso da razão e da fala. O motivo dos que se empenham nas trocas não é a bondade, mas o *egoísmo*. A diversidade dos talentos humanos é mais o efeito que a causa da divisão do trabalho, i. é, do intercâmbio. (MARX, 2004 p.42/43).

Com efeito, à época de Marx, a divisão do trabalho já era reconhecida como o mais eficaz e importante meio de alcançar os mais altos desdobramentos das faculdades humanas para a riqueza social. Também já se sabia que, a cada indivíduo, deveria ser dada a menor amplitude possível de operações, o que diminuía expressivamente a capacidade de cada homem tomado individualmente. Se em Descartes e Bacon a divisão metodológica das dificuldades permitia uma maior aceleração na produção do conhecimento, por seu lado, a divisão do trabalho também alavancava a produção em massa, ao mesmo tempo em que produzia um exército de trabalhadores miseráveis e desqualificados, sobretudo, porque o aperfeiçoamento da Mecânica incorporava às novas máquinas as habilidades do ofício e o conhecimento que antes residia nos trabalhadores, aparecia agora, diluído no mistério de máquinas que

pertenciam ao novo patrimônio da empresa. A divisão do trabalho é, portanto, uma condição necessária para o surgimento da ciência moderna.

De acordo com Engels (1983), a manufatura transforma e mutila o operário que, incapaz de fazer um produto independente, converte-se em um simples apêndice da oficina do capitalista. O controle intelectual do trabalho desaparece e desemboca no outro extremo da produção, em que a potencialidade espiritual do processo de trabalho é dominada pela propriedade e pelo poder dos patrões.

Este é um processo que tem sua gênese no trabalho cooperativo, desenvolve-se na manufatura e aperfeiçoa-se ainda mais na grande indústria. Se no modelo cooperativo, o trabalhador mantinha razoável controle sobre suas habilidades e seu trabalho, a manufatura revoluciona completamente o processo, apoderando-se da força individual do trabalhador e obrigando-o a permanecer condicionado a certas habilidades particulares que inviabilizam o desenvolvimento de seu potencial criativo.

O trabalho, essência principal da formação do homem, torna-se, pois, motivo de sua alienação e sofrimento. E, como escreve Manacorda (1991, p. 44), "é a essência subjetiva da propriedade privada e está frente ao trabalhador como propriedade alheia, a ele estranha e é prejudicial e nocivo a ele". Por conseguinte, o homem começa a desenvolver uma relação contraditória frente ao trabalho que, embora necessário, passa a ser encarado como fonte de desgraça e penúria, desencadeando-se o gradativo processo de afastamento entre os trabalhos manuais e a reflexão intelectual. Aos escravos e menos nobres, cabendo o trabalho

mais pesado e menos digno; aos líderes e senhores, as elaborações abstratas e reflexões filosóficas,

> [...] porque com a divisão do trabalho está dada a possibilidade, mais, a realidade de a atividade espiritual e a atividade material, o prazer e o trabalho, a produção e o consumo caberem a indivíduos diferentes. A partir deste momento, a consciência pode realmente dar-se à fantasia de ser algo diferente da consciência da práxis existente, de representar realmente alguma coisa sem representar nada de real. (MARX; ENGELS, 1984, p.35/36).

Portanto, como afirma Vieira Pinto (1979), em tal contexto, a cultura deixa de ser um bem unitário e se bifurca em duas metades contraditórias. Uma delas representada pelo seleto grupo dos letrados que se apropria do aspecto subjetivo da cultura tornando-se dona das ideias e das finalidades a lhes dar e assumindo a função do conhecimento "puro", enquanto a outra é afastada da esfera ideal da cultura e recebe uma função operativa ou, no máximo, uma "instrução básica" condicionada ao desenvolvimento dos novos processos produtivos. Este processo de bifurcação esteve presente em vários outros momentos da história, mas é no contexto da modernidade que ele assume uma versão diferente, sobretudo, porque usurpa dos trabalhadores o domínio das técnicas para substituí-las pelos novos critérios de uma ciência e de uma tecnologia pensadas por outros e em outro lugar.

Porém, de acordo com Bernal (1976c, p. 532), mesmo nas fases iniciais da Revolução Industrial, a ciência não teve contribuição direta no processo produtivo, cabendo muito mais aos artífices, técnicos e inventores a sustentação e o desenvolvimento dos aparatos da indústria têxtil. Mas, é justamente por tornarem-se essenciais à produção que os técnicos e artífices deixam de ser desprezados como haviam sido nas épocas clássica e medieval e, uma nova atmosfera de respeito em relação às artes da fiação, da tecelagem, da olaria, da sopragem de vidros e, principalmente, dos mineiros e dos metalúrgicos, mais ligados à indústria, vai marcar a Europa nos séculos XVIII e XIX.

De acordo com Bernal (1976b, p.482), a elevação da posição dos artífices tornou possível o encontro entre as suas tradições profissionais e as dos estudiosos, que desde as mais antigas civilizações havia sido interditado. O elo entre essas duas vias não será imediato, mas, depois de iniciado, desenvolver-se-á numa marcha veloz e explosiva. É, por exemplo, a partir do aperfeiçoamento da máquina a vapor – uma aplicação mais clara de princípios técnico-científicos – que a Revolução Industrial vai ganhar um novo impulso, acelerando bastante o processo de industrialização. Até aqui ciência e técnica desenvolveram-se separadamente. Técnicas, mas sem conhecimento formal, técnicas, mas sem *tecnologia*.

A segunda fase da Revolução Industrial é caracterizada por uma outra grande revolução em sua matriz energética de sustentação. Trata-se da utilização da energia elétrica, associada ao desenvolvimento do eletromagnetismo. Nesse caso, já se verifica um afastamento mais acentuado da pesquisa científica que, embora voltada para o problema da

indústria se desenvolve longe do ambiente das técnicas de produção. De acordo com Bernal:

> A história da eletricidade e do magnetismo oferece-nos o primeiro exemplo, em toda a história, da transformação de um corpo de experiências e de teorias puramente científicas numa indústria em grande escala. A indústria elétrica é necessariamente científica em todas as suas fases (1976c, p.629).

Na revolução da termodinâmica, assistimos a uma técnica que vai se metamorfoseando em *tecnologia;* no caso do eletromagnetismo, um corpo de conhecimentos científicos vai transformar-se em *tecnologia* industrial, verificando-se um tipo novo de afastamento entre os ambientes da teoria e da prática. Portanto, conforme escreve Nunes, a palavra *tecnologia,*

> é uma expressão específica, em uso a partir de 1772, denotando um fenômeno moderno, que reprojetamos a condições distintas de nosso tempo: a ligação da *ciência* com a *técnica,* ou seja, o ciclo do desenvolvimento da técnica embasada no conhecimento científico, e que evolve em função dele tanto quanto o faz progredir (1985, p. 106).

A partir deste entrelaçamento que, em certo sentido, já havia sido prenunciado por Galileu, os limites de separação entre ciência e tecnologia são cada vez menos plausíveis e as verdades da ciência se confundem com suas conquistas tecnológicas.

A ciência em sua versão moderna

Dos gregos, herdamos as duas primeiras e mais influentes concepções de cientificidade: o *racionalismo*, que poderíamos associar aos nomes de Pitágoras e Platão e o *empirismo* alinhado à medicina grega e relacionado aos nomes de Empédocles e Aristóteles, principalmente.

Em uma concepção racionalista moderna,

> ... a ciência é um conhecimento racional dedutivo e demonstrativo como a matemática, portanto, capaz de provar a verdade necessária e universal de seus enunciados e resultados [...]. O objeto científico é uma representação intelectual universal, necessária e verdadeira das coisas representadas e corresponde à própria realidade, porque esta é racional e inteligível (CHAUI, 1997, p.252).

Desse ponto de vista, a realidade deveria ser enquadrada em modelos racionais apriorísticos em que as observações e experiências são realizadas apenas como objeto de confirmação de uma razão prévia.

Para os empiristas, cujas teses, guardadas as devidas variações, já haviam sido resumidas por Aristóteles: todo o conhecimento, razão ou verdade é fruto de nossas experiências sensórias, sem a qual, a nossa razão seria uma tábua rasa e vazia de qualquer sentido. Em uma concepção do empirismo moderno,

> ... a ciência é uma interpretação dos fatos baseada em observações e experimentos que permitem estabelecer induções e que, ao serem completadas, oferecem

> a definição do objeto, suas propriedades e suas leis de funcionamento. A teoria científica resulta das observações e dos experimentos, de modo que a experiência não tem simplesmente o papel de verificar e confirmar conceitos, mas tem a função de produzi-los (CHAUI, 1997, p.252).

De Bacon a Descartes, até os dias atuais, estas duas concepções de ciência têm orientado o debate metodológico da ciência moderna no sentido de responder a uma mesma questão que reaparece de várias maneiras diferentes: quais os limites de participação do sujeito e do objeto na construção do conhecimento? Qual a relação entre fatos e teorias, entre conceitos e observações? Para o empirismo naturalista e objetivista, a prioridade deve ser dada ao objeto, aos fatos e às observações, enquanto o racionalismo, subjetivista e idealista, privilegiará o sujeito, as teorias e os conceitos.

Embora o empirismo aristotélico de bases classificatórias e fundamentado em observações de senso comum tenha prevalecido por mais de 1300 anos, o racionalismo, sobretudo em sua expressão matemática, não havia desaparecido. E é justamente no enfrentamento com a física de Aristóteles e em benefício do modelo copernicano que Galileu vai propor uma espécie de falseamento da realidade, reconhecendo que, para estudar a natureza era necessário reproduzir modelos experimentais mais simplificados, que permitissem avançar na direção de um conhecimento mais elaborado e apoiado em argumentos matemáticos; única linguagem apropriada ao diálogo com a natureza. Sem embargo, ao sugerir tal caminho, Galileu introduziu uma

nova linguagem e um novo método que estabeleceu uma profunda ruptura com a linguagem anterior e passou a caracterizar muito claramente o que hoje denominamos de ciência moderna.

No entanto, como sugere Burt (1991), em Galileu, a união entre a visão racionalista e o princípio experimental empirista apresenta certa ambiguidade que permite a continuidade do debate entre as duas visões de ciência anteriormente referidas. Se, de um lado, os sentidos não são confiáveis, de outro, devemos recorrer a eles em busca das necessárias confirmações experimentais.

É justamente esta unidade paradoxal que, conforme Bachelard (1984), melhor define a ciência moderna. Para esse autor, o empirismo e o racionalismo estão de tal forma entrelaçados ao pensamento científico que um deles só triunfa dando razão ao outro; enquanto o empirismo precisa ser compreendido, o racionalismo precisa ser aplicado. De fato, o que caracterizará essencialmente a nova linguagem introduzida pela ciência moderna é a utilização do raciocínio hipotético-dedutivo em aliança com a experimentação reiterada por argumentos matemáticos.

Apesar de opostas no que se referia ao processo de aquisição do conhecimento, o racionalismo e o empirismo concordavam em uma questão de fundo: o status de verdade atribuído ao conhecimento científico. Neste caso, o entrelaçamento das duas concepções em um único método – *o método científico* – irá conferir um importante status de certeza epistemológica à ciência moderna que passará a ser vista como uma representação verdadeira do objeto, uma radiografia fiel da realidade. É essa visão do conhecimento

científico que influenciará mais fortemente as opiniões do senso comum sobre a ciência e os cientistas[6] , mas também suscitará o futuro debate sobre o alcance da verdade no discurso científico.

Depois de provocar uma reconhecida desordem na visão medieval do mundo, a nova ciência apresentará um novo ordenamento que estabelece um recorte com as explicações de natureza qualitativa e orgânica, em favor de uma concepção quantitativa e mecânica do mundo. O novo conhecimento objetivo e matemático irá substituir um conhecimento arbitrário e baseado em revelações divinas, pelo conhecimento seguro e verdadeiro das leis da natureza.

Unificações e universalismo: uma nova linguagem, metódica e determinista

Muito antes da consolidação vitoriosa da ciência moderna, a construção do conhecimento sempre esteve marcada pela crença de que a natureza seria organizada em torno de uma grande regularidade, permitindo ao homem o conhecimento de suas leis e a construção de um cosmos.

Certamente a invenção da linguagem foi uma das primeiras e mais poderosas tentativas da espécie humana em

6 A esse respeito tanto Alves (1985) como Chalmers (1993) concordam com a ideia de que se construiu um mito em torno da ciência e do cientista, de modo que o conhecimento científico passou a ser visto como objetivo, verdadeiro e confiável e, enquanto representante dessa verdade, o cientista assumiu o ônus da criatividade e a responsabilidade de apresentar a última palavra sobre qualquer assunto.

dar um sentido ordenador ao mundo. O aparente caos toma feições humanas a partir da cumplicidade social da palavra. "No princípio era o verbo...".

Por outro lado, a criação da linguagem se constitui em uma das primeiras formas de afastamento e abstração da realidade, em um acordo de cumplicidade democrática que permite a construção de um mundo com sentido antropológico. Mas o fato de poder pronunciar-se sobre o mundo, não significa que o tenha vencido em suas surpresas e adversidades. Outras formas de apreensão da realidade logo serão requeridas e, como lembra Martins (1994, p.12), os mitos e cosmogonias surgem como novas tentativas de o homem explicar de forma coerente e *unificada* o surgimento e o comportamento estranho do mundo.

Mais tarde, verifica-se um enfraquecimento do mito e da religião em prol de uma outra forma de explicação da realidade: o pensamento filosófico que, embora não esteja totalmente desprendido das crenças religiosas e dos mitos, vai produzir as primeiras tentativas de explicação dos fenômenos da natureza a partir da própria natureza. A filosofia grega inaugura decisivamente este processo.

Com certo exagero, costuma-se afirmar que todas as grandes questões que até hoje inquietam o espírito humano, de alguma maneira já foram postas pelos antigos gregos situados, aproximadamente, no sexto século antes de Cristo. De fato, o novo estilo de perguntar inaugurado pelos ditos filósofos pré-socráticos, também conhecidos como filósofos da natureza, pode ser considerado um marco fundamental na construção do pensamento ocidental e mesmo para a futura consolidação da ciência moderna.

Com efeito, eles foram os primeiros a se perguntarem a respeito de uma unidade subjacente a toda diversidade observada na natureza. E, orientados pela incansável busca de um princípio (*arkhé*) tal que, dele se pudessem tirar, como consequências racionais ou lógicas, as explicações para as estranhas mudanças observadas nos fenômenos da natureza, construíram um dos mais importantes projetos filosóficos da humanidade.

Independente da força de argumentação e da forma meio mítica de explicação da realidade, aquelas elaborações filosóficas foram importantes, sobretudo, pelo conteúdo de sua intencionalidade: a busca de uns ou poucos invariantes que pudessem dar sustentação, ordenamento e previsibilidade aos fatos, garantindo alguma permanência em meio às frenéticas mudanças observadas na natureza. Nesse particular, merece destaque o pensamento da escola pitagórica, porque propõe entidades abstratas (os números e as formas geométricas) como fundamento primeiro de toda a realidade.

Foi a partir de estudos sobre a música que os antigos pitagóricos conseguiram estabelecer uma relação direta entre os sons e os números. Assim, a diversidade de sons e as relações harmônicas do diapasão podiam ser traduzidas em leis matemáticas. Porém, esta capacidade de abstração, que para alguns já se constituía nos primeiros lampejos de uma futura física matemática, não se restringia aos domínios da música sagrada da lira tetracorde. Conforme Chauí (2002), a matematização do universo concebida pelos pitagóricos ia muito mais além, permitindo-lhes explicar todas as coisas a partir de um processo regulado e inteligível de

delimitações do uno primordial ilimitado segundo proporções que diferenciam os opostos e os dispõem numa ordem racional. Para Chauí,

> ...o pitagorismo pode introduzir com todo o rigor a ideia de ordem ou de Kósmos porque determinou o operador da ordenação – o número –, a forma da ordenação – proporção – e o efeito da ordenação – concordância e harmonia dos contrários governados pelas mesmas leis racionais (2002, p. 76).

No entanto, a linguagem que possibilitava a construção de um novo cosmos não era nem pretendia ser de domínio público. Nascida como doutrina religiosa, cujos ensinamentos deveriam ser mantidos em segredo, a escola pitagórica que professava a crença no deus Apolo Delfos (espírito racional), reservava o conhecimento da matemática a poucos iniciados. Mas esta áurea mística que circundava a escola não era acidental. Havia na linguagem matemática um traço marcante que a diferenciava fundamentalmente de outras formas de linguagem, uma perfeição e universalidade que transcendia os limites da realidade revelada pelos sentidos e pela linguagem comum a eles associada.

Apesar da enorme influência dos pitagóricos, outros filósofos não concordavam com esse tipo de construção matemática do universo, dentre os quais, podemos destacar Empédocles de Agrigento e Aristóteles de Estagira. Curiosamente, tanto o primeiro como o segundo tinham formação médica e naturalista e não aceitavam o matematismo místico dos pitagóricos que identificava a

filosofia à matemática. Em sua crítica dirigida aos pitagóricos, Empédocles comparava aquela forma de conhecimento matemático que desprezava os sentidos e suspendia a realidade a uma presunção frívola próxima dos loucos.

> Tendo uma vida breve e tido uma experiência e um conhecimento parciais das coisas, vangloriam-se de conhecer tudo e de conhecer o todo. São frívolos, e não reconhecem como é difícil conhecer, imaginando que basta dizer que a verdade não pode ser alcançada pelos olhos e pelos ouvidos, para supor que será inteiramente conhecida pelo espírito. São loucos. (apud CHAUI, 2002, p. 109).

Em meio a este debate, duas correntes filosóficas antagônicas vão se consolidar: a filosofia parmenidiana do *ser* e a filosofia heraclitiana do *devir*. Essas duas visões vão alimentar um intenso debate em torno do problema da regularidade e da perseverança em confronto com a diversidade e a mudança.

Por mais estranho que pudesse parecer aos seus contemporâneos, Heráclito de Éfeso (540 a 480 a C.) considerava que as constantes transformações ocorridas na natureza eram, na verdade, a característica mais fundamental e verdadeira. Tudo "flui". Tudo está em movimento e nada dura para sempre. Nesse sentido, não existiria uma substância ou princípio fundamental resistente à mudança. De acordo com Heráclito, a verdade é ter apreendido o ser essencial da natureza, tê-la concebido como processo, como unidade em uma diversidade que se processa através do conflito, em um permanente devir onde "Tudo se faz por contraste,

da luta dos contrários nasce a mais bela harmonia. Para os que entram nos mesmos rios correm outras e novas águas...” (apud BORNHEIM, 1993, frag. 9 e 12, p.36).

Neste confronto, Parmênides de Eléia ($\approx$ 500 a.C.) defende um ponto de vista diametralmente oposto, negando o movimento e as transformações como mera aparência patrocinada pelos sentidos e impondo-nos apenas um único e radical caminho: o caminho do ser.

> Resta-nos assim um único caminho: o ser é. Neste caminho há grande número de indícios: não sendo gerado, é também imperecível; possui, com efeito, uma estrutura inteira, inabalável e sem meta; jamais foi nem será, pois é, no instante presente, todo inteiro, uno contínuo. Que geração se lhe poderia encontrar? Como, de onde cresceria? Não te permitirei dizer nem pensar o seu crescer do não-ser (apud BORNHEIM, 1993, p.55).

Ao estabelecer a proibição da geração a partir da unidade dialética entre o ser e o não-ser (nada), Parmênides entra em confronto com o pensamento heraclitiano, inaugurando o dilema do *ser* e do *devir* que se tornará um desafio permanente ao pensamento ocidental, estando diretamente relacionado com o problema da imprevisibilidade e do determinismo.

Conforme Parmênides, os nossos sentidos revelam apenas o mundo da aparência, caracterizado pelo tempo e a mudança, enquanto o mundo da realidade, revelado pela razão, é imutável e atemporal, de modo que, somente o presente *é*, enquanto passado e futuro carecem de significados (MARTINS, 1998, p. 79).

A partir de então, quase toda discussão filosófica esteve, de certo modo, relacionada com a permanência parmenidiana e o seu mais ilustre adversário: o devenir heraclitiano. Nesse sentido, o desenvolvimento científico também é marcado por esse persistente embate e, de certa forma, podemos afirmar que a existência de *"leis físicas"* revela uma tentativa de estabelecer permanência na frenética e estranha dança da realidade.

Esse debate prossegue influenciando toda a filosofia grega e, naturalmente, atinge a Academia de Platão (427-367, a.C.) que na obra "O Timeu" revela a clara intenção de conciliar o pensamento de Heráclito e Parmênides ao estabelecer uma estranha contraposição entre o mundo de Deus e das ideias, que nunca se transforma e sempre "é", permitindo as elaborações cognoscíveis, e o mundo da realidade dos sentidos, em permanente mudança e que nunca "é", para o qual só podemos referir um conhecimento relativo e do campo da opinião. Apesar de propor um universo *único* finito e perfeito, Platão vai separar o mundo real de um outro mundo ideal que lhe é superior. O mundo das ideias é profundamente distinto do mundo dos sentidos e tem existência eterna enquanto o outro é perecível e, portanto, de natureza inferior. Esta construção filosófica sofre, de fato, uma influência clara do racionalismo pitagórico e, ainda na mesma obra (o Timeu), os antigos elementos de Empédocles aparecem com formas geométricas simples. A terra teria partículas em forma de cubo, o fogo seria formado por pequenas pirâmides de base triangular (tetraedros), o ar por octaedros e a água por icosaedros. De acordo com Bernal (1975-A p.205), o próprio idealismo platônico fundamenta-se na mística pitagórica dos números, de modo que, teria adotado e ampliado os pontos

de vista místicos de Pitágoras acerca do significado cósmico dos números e das figuras geométricas e neles encontrado exemplos de verdades absolutas, eternas e independentes dos sentidos. Na tensão entre Logos e Eros, Platão preferiu admitir a supremacia de Logos.

Todavia, não se pode comparar a matemática daquela época com a simbolização lógica própria da matemática presente na modernidade. Como herdeira do movimento pitagórico, a primeira estava muito mais próxima de uma numerologia mística do que da lógica simbólica com a qual estamos acostumados.

Aristóteles (384-322, a.C.), embora tenha sido o mais brilhante aluno de Platão e frequentado a academia por vinte anos, discorda de seu antigo mestre em muitas questões fundamentais. Sobretudo, no que diz respeito à anterioridade das ideias frente à realidade. Enquanto Platão considera a realidade revelada pelos sentidos como reflexos de algo que existe no mundo das ideias e, por conseguinte, também na alma humana, Aristóteles defende exatamente o contrário: o que existe na alma humana é, de fato, o reflexo dos objetos da natureza, ou seja, não existe nada na consciência que já não tenha sido experimentado pelos sentidos (CHAUÍ, 2002). No entanto, embora discordando dos dois mundos propostos por Platão e defendendo a *unificação* da ideia com o que ela representa, Aristóteles também vai retroceder e sugerir a existência de dois mundos hierarquicamente separados: o mundo sublunar, das coisas transitórias e dos movimentos imperfeitos ligados diretamente ao homem, e o mundo supralunar destinado às coisas eternas sagradas e profundamente distinto daquele situado abaixo da esfera da Lua (LUCIE, 1978).

Como se sabe, toda a filosofia natural de Aristóteles fundamenta-se em observações orientadas por uma profunda lógica do senso comum que, apoiada no testemunho dos sentidos, lhe garante um grande poder de argumentação e convencimento. Um traço importante da Filosofia Natural aristotélica é a ausência da Matemática em suas construções. Recusando as ideias pitagóricas, não deu quase nenhum conteúdo numérico preciso a suas explicações, concentrando-se basicamente na interpretação conceitual dos fenômenos. De fato, conforme lembra Koyré, "A física aristotélica é essencialmente não matemática e não podemos matematizá-la (...) sem falsear o seu espírito" (1992, p.21).

Retornando à antiga ideia dos quatro elementos propostos por Empédocles, aos quais acrescentou o éter como constituinte dos corpos celestes, e apoiando-se numa concepção de universo hierarquizado, Aristóteles construiu um dos maiores e mais importantes arcabouços filosóficos da história. É justamente este edifício filosófico, adaptado aos dogmas da Igreja Católica por São Tomás de Aquino e aos traços da geometria por Ptolomeu, que será negado e posto como contra ponto no debate que resultará em uma nova síntese: *a ciência moderna.*

A partir dos trabalhos de Ptolomeu[7] (Século II, d.C.), a cosmologia aristotélica recebe um importante arcabouço matemático alicerçado e fundamentado na geometria eucli-

---

7 *"A Composição Matemática de Cláudio Ptolomeu"*, mais conhecida pelo nome de *Almagesto (o grande tratado)*, uma verdadeira suma da astronomia antiga, datada de 140 d.C. é uma síntese da astronomia antiga de Eudoxo, Aristarco, Heráclides, Apolônio e Hiparco, acrescentados à obra original do próprio Ptolomeu.

diana[8]. Considerada uma das obras mais complexas do mundo e fugindo quase que totalmente ao entendimento dos não "iniciados" em geometria, o tratado de Ptolomeu, ainda reproduz figuras da realidade que respeitam o testemunho dos sentidos, estando mais próximo do senso comum. Duas outras revoluções interdependentes e que radicalizam o processo são: a algebrização da Geometria, substituindo figuras geométricas "visíveis" por operações puramente mentais e o advento da Revolução Copernicana, configurando um afastamento mais acentuado em relação às observações diretas dos sentidos e da linguagem, do senso comum.

No primeiro caso, a aritmética, antes fundamentada na presença e repetição dos valores exatos dos números, avança para a álgebra[9] que reconhece, sobretudo, as relações que os mantêm ligados. Com a substituição dos algarismos gregos e romanos por algarismos indo-arábicos, a introdução do zero e dos números negativos, o processo se aperfeiçoa consideravelmente, mas, como afirma Omnés (1998), é só a partir do reconhecimento dos números imaginários[10] que se revela o caráter singular da álgebra, muito para além de uma simples generalização pedagógica da aritmética.

---

8 Neste caso, considerada a advertência de Koyré de que a física aristotélica é essencialmente não matemática e que não podemos matematizá-la sem falsear o seu espírito, a futura crise do paradigma aristotélico-ptolomaico já é inaugurada durante o processo de sua matematização. Portanto, como sugere Bastos Filho "A dissolução do cosmos grego está estreitamente correlacionada com a geometrização euclidiana do espaço" (2005, p.47).

9 Estamos entendendo por álgebra a parte da matemática que estuda as leis e processos formais de operação com entidades abstratas, generalizando as questões relativas aos números e representando as grandezas por intermédio de letras e símbolos.

10 Número cujo protótipo é a raiz quadrada de -1.

De acordo com Fernandez (2004), o ano de 1250 marca o início da transição de uma percepção *qualitativa* para uma percepção *quantitativa* da realidade. E este processo decorrerá de muitos fatores externos ao contexto científico, tais como: a ascensão do comércio e do estado, o renascimento da erudição, a duplicação da população europeia no intervalo entre os anos 1000 e 1350 e o surgimento dos burgos.

O modelo nascente diferencia-se do antecessor pela crescente quantificação dos fenômenos físicos e pela busca sistemática de precisão associada à utilização da linguagem matemática. Esta nova perspectiva conduzirá, mais tarde, a uma renovação da geometria que, a partir de Descartes e Fermat, poderá ser tratada analiticamente[11], possibilitando que muitos problemas geométricos sejam enfrentados como simples cálculos algébricos, em uma nova síntese mais abrangente que unifica a aritmética, a álgebra e a geometria.

Antes da geometria cartesiana, somente criada no século XVII, um cenário de grandes mudanças caracteriza a Europa do século XVI e, mais precisamente no ano de 1543, é apresentado à comunidade científica o *"De revolutionibus orbium coelestium"*, obra do astrônomo polonês Nicolau Copérnico que, dentre outras contribuições, propõe a retirada da Terra do centro do Universo, ideia responsável por uma enorme rachadura nos alicerces da astronomia tradicional e que desencadeará todo um processo que convergirá para a construção da ciência moderna.

11 O princípio fundamental da geometria analítica é a definição de um ponto geométrico por números que o balizam com relação a eixos coordenados, tornando possível a caracterização completa de uma curva através das coordenadas satisfeitas por alguns de seus pontos. A partir de então, muitos problemas de geometria foram reduzidos à álgebra.

Ao colocar a Terra junto às estrelas errantes e em movimento ao redor do Sol, Copérnico deu dois passos decisivos em direções aparentemente opostas. O primeiro no sentido da unificação de um mundo outrora separado em supra e sublunar, incluindo o homem como partícipe das glórias celestes, ao mesmo tempo em que os céus passaram a experimentar o pecado da condição humana[12]. O segundo, no caminho do afastamento das evidências do senso comum e do bom senso, para creditar confiança em argumentações de natureza matemática. De fato, como mais tarde reconhecerá Galileu, a maior grandeza de Copérnico residiu em sua capacidade de enxergar além das evidências do senso comum e com o apoio da Matemática e de observações livres das *qualidades secundárias*[13], apresentar uma proposta *verdadeira* para o sistema do mundo.

> Não canso de admirar a eminência dos espíritos daqueles homens que perceberam e aceitaram tal violência a seus próprios sentidos, que sustentaram ser ela verdadeira e, com a vivacidade de seus julgamentos,

---

12 É importante sublinhar que nesta trama nascente, nem o homem nem o Céu são importantes, mas apenas as leis da natureza que tudo governa.

13 A ideia de uma aquisição do conhecimento em termos de qualidades primárias ou secundárias remonta às antigas escolas atomistas e céticas e reaparece no século XVI e XVII em formas variadas através de pensadores como Vives, Sanchez, Montaigne, Campanella, Kepler e Galileu. Na concepção Galileana, a mais precisamente elaborada, os objetos sensoriais trazem certas qualidades que, manuseadas por regras matemáticas, levam-nos a um conhecimento do objeto verdadeiro, e estas são as qualidades reais ou **primárias**, tais como: o número, a figura, a grandeza, a posição e o movimento, as quais podem ser convenientemente expressas em termos matemáticos. Todas as demais qualidades, sabor, som, cor, tato, odor, prazer ou dor, por vezes muito mais flagrantes aos nossos sentidos, são **secundárias,** efeitos subordinados das qualidades primárias. (BURTT, 1991, p.67).

> ofereceram-na ao mundo... Não encontro limites para a minha admiração ante o fato de que tal razão foi capaz, em Aristarco e Copérnico, de cometer tamanha agressão a seus sentidos e, a despeito disso, tornar-se a senhora de sua crença (apud BURTT, 1991, p.64).

É um momento de grande revolução do pensamento e o modelo nascente exigirá toda uma nova visão de mundo com novas perguntas e novos problemas a serem enfrentados. Questões que o próprio Copérnico não conseguirá responder, cabendo, dentre outros, a Bruno, Kepler e Galileu a confirmação e defesa de suas teses.

Enquanto Kepler, baseado no modelo copernicano, formula uma importante relação matemática relacionada aos períodos dos planetas e os raios de suas órbitas, ao mesmo tempo em que propõe uma forma elíptica para suas trajetórias, Galileu constata a existência de um relevo lunar e manchas na superfície do Sol, confirmando as analogias entre os planetas e a Terra e rejeitando definitivamente a hierarquia do cosmo aristotélico.

De fato, como previra Copérnico, o mundo supralunar não era nem mais nem menos "nobre" que o mundo sublunar, e como este, também estava sujeito a mudanças. Portanto, o obstáculo aristotélico, que dava aos corpos celestes um comportamento diferente do comportamento dos corpos terrestres, começava a ruir, e a unificação dos mundos iniciada de forma tímida em 1543, ganha força e confirmação através dos argumentos e da luneta de Galileu.

De acordo com Bastos Filho (2005), além da unificação também se revela aqui um importante traço de redução, principalmente porque, tanto a quantidade etérea quanto as qualidades mundanas, sujeitas a corrupção e a geração, foram ambas reduzidas à geometria.

Mas a contribuição galileana não se limitou ao campo da astronomia. Em suas permanentes investidas contra as concepções aristotélicas, Galileu vai propor uma espécie de falseamento da realidade, reconhecendo que, para estudar a natureza é necessário *reproduzir modelos* mais simplificados, e a partir destes, avançar de um conhecimento mais simples para o mais elaborado. Não podemos, dirá Galileu, partir dos porquês últimos das coisas, visto que é mais útil e seguro investigar *como* ocorrem alguns movimentos, sem necessariamente perguntar sobre suas *causas*; num diálogo com a natureza que deve ser travado a partir de modelos mais simplificados e em linguagem matemática. É o nascimento da cinemática e, para alguns historiadores, de um método característico que, mais tarde, será classificado como a ciência moderna.

Embora Copérnico e Kepler já tenham sugerido algumas relações matemáticas importantes para explicar os fenômenos da natureza, é a partir de Galileu que esta linguagem assume um critério maior de verdade.

Imbuído desse novo método, Galileu, ao estabelecer para a lei de queda dos corpos uma dependência *temporal*, introduziu definitivamente o tempo como quantidade física fundamental ao estudo dos movimentos e deu o primeiro passo na direção do estabelecimento dos processos reversíveis que, mais tarde, possibilitarão a construção de uma mecânica determinista; tarefa que caberá a Newton.

Certamente influenciado por duas das concepções filosóficas mais contundentes de seu tempo, o racionalismo cartesiano e o empirismo baconiano, e pelas questões postas pelo modelo copernicano, Newton (1642-1727) construiu uma ferramenta capaz de atacar as causas do movimento que haviam sido adiadas por Galileu. Além do que, com base na mecânica, pôde propor uma lei de alcance universal: *a lei de gravitação universal* que resolvia a maior parte dos problemas relativos ao movimento dos planetas.

Conforme Bastos Filho:

> Esse procedimento constitui, ao mesmo tempo, tanto uma unificação quanto uma redução, pois ambos os fenômenos, - os terrestres e os celestes -, foram tanto unificados em uma só lei como também foram reduzidos a essa mesma lei que é a lei de interação gravitacional de Newton (2005, p.71).

A formulação da mecânica newtoniana fundamenta-se em algumas definições e postulados básicos que revelam muito claramente o seu caráter universal, final e determinístico, integrando-se perfeitamente à concepção de tempo e do ser parmenidiano. Com efeito, de um ponto de vista newtoniano, "a natureza nada faz em vão e seria em vão admitir muitas causas para o que pode ser feito com poucas. A natureza é simples e não se dá ao luxo de se utilizar de causas supérfluas" (LUCIE, 1979 p. 67).

Só depois de estabelecer, com bastante clareza, suas concepções de tempo, espaço e movimento absolutos, curiosamente apresentadas após a oitava definição do Livro

I dos *Principia,* Newton apresenta as três famosas leis do movimento, os "Axiomata sive Leges Motus"[14].

A geometria euclidiana, mais a geometria analítica de Descartes, aliadas ao método das fluxões, possibilitaram a construção de um rigoroso método de generalizações, permitindo a elaboração newtoniana de um novo e coerente sistema do mundo, coroado pela formulação de uma lei de alcance universal e caráter determinístico que, a partir da matéria e do conhecimento das leis de interação, explicava quase toda a realidade física.

Com a poderosa lei de causa e efeito, sustentada na crença de que não se devem admitir outras causas para fenômenos naturais além das verdadeiras e suficientes para explicá-los, juntamente com a ideia de que a natureza prefere sempre as poucas causas, podia-se pensar em um controle total do universo. Sabendo o que acontece num dado momento, poder-se-ia determinar o que aconteceria num instante subsequente e o conhecimento das condições inicias de posição e momento de todas as partículas num dado instante do universo, poderia prever o seu futuro.

A vitória da ciência era completa e o determinismo assumia o controle de tudo, equacionando todos os problemas humanos de acordo com os princípios de uma

14 1. Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.
2. A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.
3. A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas (NEWTON, 2002, p.53-54).

razão iluminista que identifica o racional ao real, o que se evidencia com muita propriedade na conhecida declaração de Laplace.

> Devemos encarar o estado presente do universo como o efeito de seu estado antecedente e como causa de seu estado posterior. Uma inteligência que conhecesse todas as forças que agem na natureza em um preciso instante, bem como conhecesse as posições instantâneas de todas as coisas do universo, estaria apta a englobar em uma só fórmula os movimentos dos grandes corpos assim como o dos mais leves átomos, desde que tal intelecto fosse suficientemente poderoso para submeter todos os dados à análise. Para tal inteligência nada seria incerto, o futuro e o passado lhe estariam expostos... (apud EVANGELISTA, 1999, p.135).

Embora os *Principia* de Newton sintetizassem de forma quase perfeita toda a ciência que os antecedera, como toda nova teoria científica, terá que enfrentar críticas e restrições. Contudo, a partir das primeiras décadas do século XVIII, a resistência à nova teoria é mínima e assiste-se, usando a terminologia de Kuhn, a um "período de ciência normal" em que se verifica uma forte confluência de obras que procuram aprofundar e generalizar o alcance da matemática e da física clássica de bases newtonianas. Entre os nomes de maior destaque, podemos citar, Leibniz, Halley, Euler, d'Alembert, Lagrange , Hamilton, Laplace e Gauss. Os dois últimos, já compondo o quadro dos importantes nomes da física-matemática do século XIX.

Mesmo tendo se tornado o alicerce da estrutura sobre a qual se erguem todas as camadas das ciências físicas e da tecnologia da época, havia ainda fenômenos estranhos na natureza cujas leis propostas por Newton não conseguiam explicar satisfatoriamente. A atração e repulsão elétrica e magnética são apenas dois exemplos de fenômenos que não podiam ser totalmente compreendidos por intermédio da mecânica.

Os fenômenos elétricos, embora conhecidos desde o século sexto antes de Cristo, só no ano de 1600, com o trabalho "Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre", publicado por William Gilbert (1544-1603), receberam um tratamento razoavelmente sistematizado. Todavia, foram necessários aproximados cem anos, depois da publicação de Gilbert, para que os fenômenos elétricos pudessem ser observados com olhares científicos.

Uma segunda contribuição relevante é feita pelo francês Charles Du Fay (1698 - 1739) que, através de experiências, vai sugerir a existência de dois tipos diferentes de eletricidade: a eletricidade por ele classificada como eletricidade vítrea (os corpos eletrizados positivamente), e a eletricidade resinosa (corpos carregados negativamente).

Bem ao estilo da segunda regra newtoniana para o estudo da ciência natural – Os efeitos de mesma natureza devem ser sempre atribuídos à mesma causa, no que possível for (apud LUCIE, 1979) – Benjamin Franklin, propõe um modelo que unifica as duas espécies de eletricidade proposta por Du Fay em um único fluido. De tal modo que, todo corpo tenha uma quantidade "normal" de eletricidade. Quando um corpo é atritado com outro, parte desta

eletricidade é transferida de um para o outro, um deles ficando com um excesso e o outro com igual deficiência.

Embora conhecidos, os efeitos da força de atração ou repulsão elétrica, ainda não eram mensurados. Novamente, a influência de Newton vem à tona e os físicos da época vão buscar auxílio para o problema na Mecânica, sobretudo, na lei de gravitação universal que explicava muito satisfatoriamente a atração entre massas.

Com efeito, em 1785, Charles Coulomb (1736-1806), físico e engenheiro francês, conseguiu atingir uma precisão satisfatória para a medida da força de atração eletrostática, provando que não apenas as cargas elétricas, mas também os magnetos se atraem ou se repelem com uma força que, de fato, varia precisamente com o quadrado da distância.

Pelo fato de essa relação guardar grandes semelhanças com a lei de gravitação universal, esse episódio confirmou mais uma vitória da mecânica newtoniana que reinava absoluta na época. Contudo, a ligação entre as duas forças ainda andava muito longe de ser óbvia, pois suas intensidades eram muito diferentes e não havia sido detectada nenhuma força gravitacional repulsiva. Contudo, a semelhança do tratamento matemático e o fato de as forças atuarem na mesma direção das cargas eram bastante encorajadoras de uma possível e próxima *unificação* desses dois aspectos aparentemente distintos da natureza.

Por outro lado, os fenômenos relacionados à eletricidade estática estavam sempre condicionados ao armazenamento e às descargas rápidas, como aquelas produzidas por pequenos capacitores e pela garrafa de Leyden. Até então, não se conseguia manter a eletricidade viva por mais que pequenas

frações de segundo. E, por mais irônico que possa parecer, é através das pernas de uma rã que se consegue um dos mais importantes saltos nos domínios da eletricidade.

Luigi Galvani (1737-1798), professor de Anatomia, observou, casualmente, que, quando as pernas de uma rã, que se achava sobre uma placa metálica eram tocadas pelo bisturi, sofriam contrações. Mas, não conseguiu uma explicação satisfatória para tal comportamento. Coube a Alessandro Volta (1745-1827), professor de Física italiano, elaborar uma explicação que se tornou de grande importância na História da Eletricidade. Para ele, quando dois metais diferentes ficam em contato com uma solução ácida, no caso, o tecido do animal, ocorre uma reação química e devido a essa reação, origina-se uma descarga elétrica, causando a contração nas pernas da rã. A partir destas conclusões, Volta construiu a primeira bateria da história da eletricidade e os físicos passaram a dispor de um fluxo contínuo e durável de eletricidade.

Até então, não se conseguia manter a eletricidade viva por mais que pequenas frações de segundo e, mesmo depois da construção das primeiras baterias, o vínculo que unia as cargas elétricas obtidas por atrito às correntes Galvânicas, continuava obscuro. A eletricidade significava apenas os fenômenos eletrostáticos, o galvanismo estudava os efeitos das correntes contínuas produzidos em baterias voltaicas e o magnetismo, referia-se à ciência e estudo dos ímãs, das agulhas magnéticas e do magnetismo terrestre. Os físicos separavam todos esses fenômenos e só depois de várias décadas de pesquisas, chegou-se à conclusão de que a corrente elétrica nada mais era que um deslocamento de fluido

elétrico e que os fenômenos eletrostáticos e galvânicos, aparentemente distintos, poderiam ser unificados como provenientes de uma mesma realidade: a eletricidade.

Em 1837, Michael Faraday (1791-1867) introduziu o conceito de linhas de forças, usando-o para explicar os fenômenos do relâmpago, da eletrostática e da eletroquímica. A princípio não era uma teoria que se recomendasse à comunidade científica, mas, depois de um enorme trabalho experimental, ele pode unificar todos os elementos do estudo sobre a eletricidade, até então dispersos. As correntes voltaicas, a eletricidade das máquinas de fricção e relâmpagos, a eletricidade animal e até a termoeletricidade (a eletricidade produzida pelo aquecimento de dois metais diferentes, em contato), todos tinham mostrado ser a mesma espécie de eletricidade. E o próprio Faraday declarou: "A eletricidade, qualquer que seja, é idêntica em sua natureza" (RONAN, 2001, p. 51). Novamente as regras newtonianas[15] para o estudo da filosofia natural são seguidas.

De certo, cada nova vitória alcançada no caminho da unificação, inspirava novas tentativas e foi assim que, por volta de 1820, cerca de 150 anos após a síntese confirmada pela lei de gravitação universal, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), então professor extraordinário da Universidade de Copenhague, conseguiu provar,

15 Os efeitos de mesma natureza devem ser sempre atribuídos à mesma causa, no que possível for. Assim (é) a respiração dos animais e a dos homens, a queda de uma pedra na Europa e nas Américas; a luz do fogo que cozinha (os alimentos) e a do sol; a reflexão da luz pela Terra e pelos planetas, (NEWTON, apud LUCIE, 1979, p.67).

experimentalmente[16], que a passagem de corrente elétrica, através de um fio, produzia um campo magnético a ela associado. Era o primeiro passo para unificação entre eletricidade e magnetismo e acreditamos que, direta ou indiretamente, as regras newtonianas tenham influenciado também aqui.

Pouco depois, em 1821 e 1825, André Marie Ampère (1775-1836) explicou os efeitos de correntes sobre ímãs, assim como o efeito oposto, a ação de ímãs sobre correntes e, conhecendo os trabalhos de Àmpère e Oersted, Faraday vai conjecturar que, se a eletricidade que corria por um fio produzia efeitos magnéticos, o inverso poderia ser verdadeiro – um efeito magnético deveria produzir uma corrente elétrica. A hipótese de Faraday não demorou a ser confirmada em experimento idealizado por ele mesmo, ficando evidente que, "O que distingue a eletricidade do magnetismo é, portanto, uma questão de ponto de vista – a saber, o fato de a carga elétrica estar em movimento ou não. Esta é a essência da unificação da eletricidade e do magnetismo" (SALAM, 1990, p.15).

Concordamos com Salam que Faraday e Ampère procederam à maior unificação dos tempos modernos quando mostraram para a comunidade científica que eletricidade e magnetismo não passavam de dois aspectos de uma mesma força – a força eletromagnética. Mas os trabalhos de Ampère e Faraday estavam longe de esgotar o assunto e as

16 Diferente de uma descoberta acidental, como sugere alguns autores, por motivos de natureza filosófica, Oersted acreditava que deveria haver uma relação entre a eletricidade e o magnetismo, o que teria motivado o seu interesse experimental em tal relação (RONAN, 2001, p. 49; BEM-DOV, 1996, p.99).

possibilidades surgidas com a nova teoria, ainda iriam conduzir a uma síntese muito mais completa e abrangente.

Cinquenta anos depois, James ClerK Maxwell (1831-1879) mostrou que, se uma carga elétrica fosse acelerada, emitiria energia na forma de radiação eletromagnética. Calculou a velocidade de deslocamento dessas ondas - introduzindo os valores das constantes elétricas e magnéticas e encontrou um valor igual à velocidade da luz. Ao determinar em seguida outras características dessas ondas, constatou que também elas correspondiam às propriedades já conhecidas da luz. A luz era, portanto, uma onda eletromagnética e chegou-se, assim, à *unificação* entre o eletromagnetismo e a óptica. Esta unificação, conforme Bastos Filho (2005), é também uma forma de redução na medida em que eletricidade, magnetismo e ótica foram reduzidos às mesmas leis descritas pelas equações de Maxwell.

Sem dúvida, um grande passo foi alcançado através da síntese eletromagnética. Mas um passo que parecia seguir uma direção contrária à unificação proposta por Newton em sua mecânica. Com efeito, as duas grandes sínteses elaboradas entre os séculos XVII e XIX ainda continuavam separadas por um abismo aparentemente intransponível. No entanto, embora estabelecendo uma séria incompatibilidade com a mecânica, a grande síntese eletromagnética que unificava eletricidade, magnetismo e ótica em uma única teoria, continuou produzindo grandes esperanças nas leis físicas e seu alcance determinístico.

> As mesmas equações de Maxwell descrevem tanto a indução elétrica como a refração óptica. Se o nosso objetivo é descrever com a ajuda de uma teoria tudo o que

> já aconteceu e pode vir a acontecer, então a união da ótica e da eletricidade é, indubitavelmente, um passo muito grande para frente. Do ponto de vista físico, a única diferença de uma onda eletromagnética simples e uma onda luminosa é o comprimento de onda (EINSTEIN & INFELD, 1988, p.125).

A visão otimista de que a ciência poderá vir a descrever tudo que aconteceu e virá a acontecer, caracteriza uma nova concepção de ciência que, confirmada pela presença de incontestáveis inovações tecnológicas, despreza a filosofia e, de certa forma, afasta-se das antigas bases filosóficas de sustentação do projeto inicial da ciência moderna.

Além de modificar completamente o cenário do século XIX, a ciência moderna receberá o século vinte com a mais clara visão de otimismo e de certeza. Mas, antes que os efeitos dessa grande reviravolta no pensamento viessem a repercutir na prática, era necessário que as bases filosóficas da nova ciência fossem bem compreendidas pelos intelectuais e empreendedores da grande revolução política que se processava àquela época. Nesse sentido, antes de discutirmos as conquistas e promessas da modernidade, é oportuno conhecer as bases filosóficas que deram sustentação inicial àquele projeto.

As bases filosóficas da ciência moderna

Descartes e as regras para a direção do espírito

Certamente os nomes de Descartes e Bacon podem figurar como os principais protagonistas na edificação do que estamos denominando de bases filosóficas da ciência moderna. Se Galileu e Kepler são reconhecidos como os "pais" da ciência moderna, Descartes e Bacon podem ser considerados como os "pais" da filosofia moderna. Ambos eram essencialmente profetas e publicistas e, de acordo com Bernal (1976b), reconheceram as possibilidades do conhecimento e assumiram a difícil tarefa de comunicá-las ao mundo. Embora os seus métodos e as suas conclusões a respeito do conhecimento e de sua construção fossem completamente diferentes, podem ser considerados complementares e fundamentais para uma caracterização perfeita da ciência moderna.

René Descartes (1596-1650) nasceu em La Haye, na França, e ainda na adolescência, dedicou-se completamente aos estudos matemáticos, de modo que, aos 21 anos de idade, já dominava todo o conhecimento relacionado àquela ciência. Influenciado pelas realizações de Galileu e Kepler e com o objetivo de aplicar seus conhecimentos matemáticos, também desenvolveu experiências simples em mecânica hidrostática e óptica. Mas, conforme o seu próprio relato foi na noite de 10 de novembro de 1619, que teve uma experiência extraordinária, somente comparada ao êxtase de iluminação dos místicos. Era como se um "Anjo" da verdade tivesse visitado o seu espírito para

confirmar uma convicção que já ocupava a sua mente: a matemática era a única ciência que permitiria desvendar os mistérios da natureza.

Para Descartes (2002a), não havia tanta perfeição nas obras feitas por vários mestres, como naquelas em que somente um trabalhou. Se as ciências dos livros, pelo menos às que carecem de demonstrações para suas razões são construídas gradativamente a partir das opiniões de diversas pessoas, não deve haver tanta verdade nestas ciências. Haveria, portanto, mais verdade no simples raciocínio de um homem de bom senso do que nas razões daquelas ciências.

De acordo com o filósofo francês, considerando as diversas influências recebidas na infância, desde os próprios apetites até as orientações dos preceptores que, na maioria das vezes, eram contrárias umas as outras, seria impossível que nossos juízos fossem tão puros quanto se tivéssemos sido guiados por nossa própria razão. Por outro lado, assim como os costumes dos homens, as opiniões dos filósofos também eram variadas, de modo que, o melhor proveito, que podia tirar de todas aquelas experiências, era o de ter aprendido a não acreditar muito firmemente em nada do que lhe fora fixado apenas pelo exemplo e pelo costume. Dessa maneira, pouco a pouco vai se libertando de pré-conceitos ou pré-julgamentos que possam interferir em sua razão.

Partindo desta constatação, Descartes procura estabelecer um caminho próprio e muito particular, retirando toda confiança que dera às opiniões que até então acolhera para poder adotar outras melhores ou até as mesmas, desde que forjadas pelo crivo da razão. O propósito de Descartes era reformar os seus próprios pensamentos e edificá-los sobre

uma base construída por ele mesmo. Neste caso, consciente de que não bastava livrar-se das velhas opiniões preconcebidas, mas criar, sobre as ruínas destas, um conhecimento verdadeiro, inicia uma cautelosa e prudente investida na procura do verdadeiro método para a construção de um conhecimento sólido e seguro.

No caminho da realização do seu projeto, três ciências lhe pareceram, a princípio, úteis: a lógica, a geometria e a álgebra. Contudo, ao examinar atentamente cada uma delas, notou que, no caso da lógica, os seus silogismos e a maior parte de suas restantes instruções serviam mais para explicar aos outros as coisas que já se sabem, ou para falar, sem julgamento, das que se ignoram, do que para aprendê-las. No caso da geometria e da álgebra dos modernos, a primeira estava tão ligada à consideração das figuras que acabava por fatigar muito a imaginação, e a segunda transformou-se numa arte confusa que, devido a tantas regras e cifras, embaraçava demasiadamente o espírito (DESCARTES, 2002a).

Foi exatamente por causa dessas falhas que Descartes se viu obrigado a procurar um novo método que, compreendendo as vantagens desses três, fosse isento dos seus defeitos. Para tanto, considerou desnecessária a quantidade de regras estabelecidas nos estudos da lógica, estabelecendo apenas quatro preceitos necessários e fundamentais ao novo método:

> O primeiro, consistia em nunca aceitar como verdadeira nenhuma coisa que eu não conhecesse evidentemente como tal, isto é, em evitar, com todo o cuidado a precipitação

> e a prevenção, só incluindo nos meus juízos o que se apresentasse de modo tão claro e distinto ao meu espírito, que eu não tivesse ocasião alguma para dele duvidar.
>
> O segundo, em dividir cada uma das dificuldades que devesse examinar em tantas partes quanto possível e necessário para resolvê-las.
>
> O terceiro, em conduzir por ordem os meus pensamentos, iniciando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para chegar, aos poucos, gradativamente, ao conhecimento dos mais compostos, e supondo também, naturalmente, uma ordem de precedência de uns em relação aos outros.
>
> E o quarto, em fazer, para cada caso, enumerações tão completas e revisões tão gerais, que eu tivesse a certeza de não ter omitido nada (idem, p. 31-32).

Tais preceitos[17] são de suma importância para o entendimento de todo o método cartesiano, pois neles, Descartes propõe quatro atos de nosso entendimento por meio dos quais podemos conhecer as coisas sem temor de erro e sem tomar o falso por verdadeiro. Em primeiro lugar é necessário duvidar sistematicamente de nossos supostos conhecimentos, para não tomar o verdadeiro pelo falso nem o falso por verdadeiro. Trata-se de acautelar-se das

17 Estes quatro preceitos estabelecidos no *Discurso do Método*, já haviam sido propostos por Descartes (2002b) de uma maneira ligeiramente diferente em uma obra incompleta dos finais da segunda década do século XVII: as *Regras para a Direção do Espírito*. Os conteúdos das duas obras serão detalhados e aperfeiçoados por Descartes (2000) nas suas *Meditações Metafísicas*.

tentadoras conclusões precipitadas a que todos estão sujeitos. A segunda orientação é quase uma observação de senso comum. A divisão de um problema em partes menores e mais simples já era bastante utilizada na antiga tradição grega. O terceiro preceito cartesiano sugere uma orientação do pensamento do mais simples para o mais complexo e, em certo sentido, também pode ser considerada uma observação de puro bom senso. A quarta e última orientação se refere ao cuidado com a sistematização das informações. E neste caso, a enumeração e a revisão de cada uma das etapas evitará a omissão de alguma das partes durante o processo de recomposição do todo.

Por ser a Matemática a única ciência em que conseguia encontrar algumas razões certas e evidentes, seria justamente por ela que Descartes deveria iniciar o seu projeto e a aplicação de seus preceitos. Durante alguns meses, dedicou-se a examinar e resolver muitas das questões da álgebra e da geometria e, conforme reconheceu mais tarde, os resultados foram surpreendentemente satisfatórios, sobretudo pela facilidade que proporcionou para a resolução de certas questões até então consideradas de difícil solução.

De acordo com Burtt (1991), um dos primeiros frutos colhido por Descartes a partir da aplicação de seu novo método foi a invenção de um instrumento matemático novo, a *geometria analítica*. Uma nova construção matemática que estabelecia a correspondência mútua e exata entre o reino dos números (aritmética e álgebra) e o reino da geometria (o espaço). Conforme o próprio Descartes reconheceu, ele teria tomado de empréstimo toda a melhor parte da álgebra e da análise geométrica para corrigir os defeitos de uma e da outra (Descartes, 2002a).

Com efeito, ao elaborar uma nova forma de tratamento para a geometria, isto é, uma *Geometria Analítica,* que permitia uma correspondência exata entre os números e o espaço representado pelas figuras geométricas, Descartes amplia e radicaliza a já conhecida relação entre estes dois universos para uma correspondência absoluta e definitiva. Portanto, se todas as outras qualidades pudessem ser eliminadas ou reduzidas a estas (números e figuras geométricas), havia a real possibilidade da construção de uma física completamente matemática. Embora não tenha conseguido sucesso completo em seu intento, prevalecendo mais forte uma física cunhada no experimentalismo de Galileu, Boyle e Newton e mais próxima da filosofia empirista de Bacon, Hobbes, Locke e Hume, Descartes certamente abriu o espaço para a futura construção do que hoje chamamos de física teórica.

Radical em sua busca intransigente da verdade, Descartes passa a "rejeitar como absolutamente falso tudo aquilo em que pudesse imaginar a menor dúvida" (Descartes, 2002a, p.41). Como tudo o que recebera até o presente como o mais verdadeiro e seguro o tivera aprendido dos sentidos, seria justamente por estes que começaria o exame de suas velhas crenças. Analisando então os sentidos, percebe que muitas vezes somos por eles enganados no tocante às coisas pouco sensíveis e que por isso devemos nos manter prudentes, sem jamais confiar naqueles que uma vez nos enganaram. No entanto, é por intermédio destes mesmos sentidos que reconhecemos muitas coisas das quais não podemos razoavelmente duvidar.

Se de um lado os sentidos não são confiáveis, de outro, devemos recorrer a eles em busca das necessárias confirmações sensoriais. Qual, então, o verdadeiro lugar das

qualidades secundárias? Descartes vai radicalizar na resposta a essa questão, renunciando definitivamente ao empirismo como método e sugerindo uma realidade fundamentada na conhecida separação entre a *Res Extensa e Res Cogitans*[18].

> Mas, logo depois, observei que, enquanto pretendia assim considerar tudo como falso, era forçoso que eu, que pensava, fosse alguma coisa. Percebi, então, que a verdade: *eu penso, logo existo*, era tão firme e tão certa que nem mesmo as mais extravagantes suposições dos céticos poderiam abalá-la (Idem, p.41).

Como se observa, é a partir de uma posição apoiada no ceticismo que Descartes chega a uma certeza de sua existência como um ser que pensa. Mas, finalmente, quem era ele? A resposta é simples e lógica: sou aquilo que duvida. Poderia duvidar de tudo, inclusive do fato se ser um corpo ou de que exista um mundo material onde estaria situado, mas não poderia duvidar de sua própria dúvida e da existência de seu pensamento.

> Por aí compreendi que eu era uma substância cuja essência ou natureza consiste exclusivamente no pensar e que, para ser,

18 "existe um mundo de corpos, cuja essência é a extensão; cada corpo é uma parte do espaço, uma grandeza espacial limitada, diferente de todos os demais corpos apenas por diferentes modos de extensão – um mundo geométrico – cognoscível apenas, e inteiramente, em termos de matemática pura [...]. Por outro lado, existe o reino do interior, cuja essência é o pensamento e cujo modo é composto de processos subsidiários, tais como a percepção, a vontade, o sentimento, a imaginação, etc.., reino que não é dotado de extensão e que, por sua vez, é independente do outro, pelo menos no que se refere a nosso conhecimento adequado a seu próprio respeito" (BURT, 1991, p.95)

> não precisa de nenhum lugar nem depende de nada material. De modo que eu, isto é, alma pela a qual eu sou o que sou é inteiramente distinta do corpo e até mais fácil de conhecer do que este e, mesmo que o corpo não existisse, ela não deixaria de ser o que é (DESCARTES, 2002a, p.41-42).

Coerente com essa visão dualista, Descartes estabelecerá a existência de dois mundos distintos: o mundo dos corpos extensos, apenas compreensível através da matemática e o mundo do pensamento que, não sendo dotado de extensão é completamente independente do primeiro. É justo nessa questão que encontrará um dos mais sérios questionamentos a sua teoria. Como explicar a relação tão íntima entre dois reinos tão estranhamente separados? "Como é que o que não tem extensão pode conhecer um universo dotado de extensão e conhecendo-o, alcançar propósito nele"? (BURTT, 1991, p.96). A primeira saída cartesiana foi o recurso a uma explicação divina. Deus teria feito o mundo material de tal forma que os conceitos matemáticos puros e intuídos pela mente são perfeitamente aplicáveis a ele. Uma segunda explicação pretendia que por intermédio de uma pequeníssima parte do cérebro (glândula pineal), uma substância desprovida de extensão entrava em contato com o reino da extensão.

Evidentemente, estas e outras questões relacionadas ao conhecimento não foram definitivamente solucionadas pelo método cartesiano, mas este fato não diminui em nada os méritos de seu projeto que não se limitou apenas a especulações filosóficas, mas contribuiu em muitas outras

áreas, sobretudo, nos campos da Matemática e da Física, conforme ele mesmo justifica:

> Pois essas noções me fizeram ver que é possível chegar a conhecimentos muito úteis para a vida e de achar, em substituição à filosofia especulativa ensinada nas escolas, uma prática pela qual, conhecendo a força e a ação do fogo, da água, do ar, dos astros, do céu e de todos os demais corpos que nos cercam, tão distintamente quanto conhecemos os diversos misteres dos nossos artífices, poderíamos empregá-los igualmente a todos os usos para os quais são próprios, e desse modo nos tornar como que senhores e possuidores da natureza (DESCARTES,2002a, p.60).

Este trecho talvez seja, de todo o discurso, o mais contundente e o que mais compromete Descartes como um dos precursores da ciência moderna. O "nos tornar como que senhores e possuidores da natureza", poderia servir de lema para toda ciência posterior e principalmente para a atual.

Bacon e a proposta de um método indutivo

Considerado o primeiro grande filósofo da ciência moderna e um dos primeiros e principais representantes do empirismo[19] inglês, Francis Bacon (1561- 1626),

19 O conceito de empirismo, como qualquer outro, também enfrenta problemas. Ao referir-se ao que é empírico, concreto, convencionalmente relativo ao que é diretamente observável, não abarcaria alguns fenômenos, considerados empíricos pela ciência moderna e que não são, direta e concretamente observáveis.

embora concorde com Descartes quanto à necessidade de estabelecer um método para ciência, ou mais precisamente a instauração de uma nova ciência (A Instauratio Magna Scientiarum), discorda completamente deste quanto à natureza do método. Conforme escreve Bernal (1976b), o método de Bacon é essencialmente prático e consiste em coligir materiais, executando experiências em grande escala e procurando os resultados na grande massa de provas – um método essencialmente *indutivo*. Na opinião de Bacon (1988), as ciências deveriam passar por uma nova forma de indução, que analisasse a experiência e a reduzisse a elementos e, nesse processo, a missão dos sentidos deveria ser apenas a de julgar a experiência, de modo que, a própria experiência julgaria as coisas.

Não custa lembrar que, no seu Discurso do Método, Descartes sugere um caminho diferente no qual a centralidade do conhecimento é atribuída à razão, preferencialmente uma razão pura e livre dos enganos produzidos pelos sentidos. Enquanto para Bacon, a experiência é o ator principal, no esquema cartesiano, a experiência é um mero ator coadjuvante e auxiliar do pensamento *dedutivo*.

Por outro lado, a indução baconiana, assim como a dedução cartesiana, aponta para a necessidade de uma postura negativa e crítica frente à realidade. Assim como Descartes, Bacon (1988) estabelece a dúvida como princípio fundamental no caminho do conhecimento verdadeiro e sinaliza para a necessidade de alertar a mente contra os *ídolos,* as falsas pistas ou, em sua terminologia, os *fantasmas* que haviam desviado do caminho da verdade os antigos filósofos.

Naturalista convicto, Bacon estava de acordo com Galileu quanto à necessidade de dominar a natureza obrigando-a a fornecer as respostas necessárias através do método experimental indutivo. No entanto, acalentava pouca simpatia pela Matemática e não considerava que o livro da natureza estivesse escrito naquela forma de linguagem como pretendera o físico italiano.

O empirismo naturalista de Hobbes

Outro nome importante na corrente de pensadores empiristas, principalmente, pela oposição ao dualismo Cartesiano é o de Thomas Hobbes (1588-1679). Profundamente impactado pela nova ciência, para ele, ao estabelecer uma distinção fundamental entre os reinos do pensamento e da extensão, Descartes cria um sério problema para sua própria filosofia: não explica satisfatoriamente a íntima relação entre dois reinos completamente distintos. A solução cartesiana de que a mente exercia suas funções a partir de um pequeníssimo lugar da glândula pienal, de onde se difundia por todo o restante do organismo era, na visão de Hobbes, completamente insustentável.

> Não podemos conceber qualquer atividade alheia a seu objeto, ou seja, não podemos pensar em um salto alheio aquilo que salta, no conhecimento alheio ao que conhece ou no pensamento alheio ao pensador. E, por conseguinte, parece decorrer disso que aquilo que pensa é algo corpóreo [...] daí que a essência, na medida em que se distingue da existência, não é nada mais que uma união de nomes por meio

> do verbo *ser.* E assim, a essência sem a existência é uma ficção de nossas mentes (apud BURTT, 1991, p. 103).

Com efeito, na concepção naturalista de Hobbes, não existe nada fora de nós a não ser corpos em movimento e nada em nosso interior além de movimentos orgânicos. Portanto, o fato de as qualidades secundárias parecerem estar nos corpos tanto quanto as primárias decorre de um conflito de movimentos no organismo: movimentos provenientes de objetos externos e dirigidos para dentro em choque com movimentos vitais que se orientam para fora. Estes últimos, por se dirigirem para fora, aparecem como matéria exterior. E essa aparência própria da imaginação é que comumente se denomina de sentidos.

> ... quaisquer acidentes ou qualidades que nossos sentidos nos fazem crer existir no mundo não estão nele, mas são apenas aparências e aparições; as coisas que realmente estão no mundo exterior a nós são os movimentos pelos quais essas aparências são causadas. E esta é a grande falsidade dos sentidos, que também pelos sentidos há de ser corrigida (HOBBES apud, BURTT, 1991, p.105).

Semelhante a Bacon, Hobbes também vai atribuir aos sentidos à possibilidade de, através da observação cuidadosa e da experiência, corrigir seus próprios erros e falsidades. Assim como o sentido da visão, quando observamos diretamente, indica-nos que a cor parece estar no objeto, o mesmo sentido nos adverte, quando vemos por reflexão, que a cor não está no objeto.

De certo modo, como reconhece Burtt (1991), Hobbes representou uma contratendência à obra de Galileu e de Descartes e, combatendo o dualismo cartesiano tentou trazer o homem de volta ao reino da natureza, como parte do domínio desta. Contudo, por não ter conseguido dar um tratamento matemático adequado à sua obra, foi vencido pela força do movimento contrário que via naquela linguagem a única possibilidade de exatidão.

Locke: uma nova sistematização do empirismo

Fortemente impressionado pela ciência experimental de Boyle e pelo sucesso da mecânica newtoniana, John Locke (1632-1704) é outro nome de destaque no empirismo inglês. Em sua obra principal "Ensaio Acerca do Entendimento Humano" defende a tese de que o conhecimento é fundamentalmente derivado das experiências sensoriais e combate sistematicamente os princípios do inatismo. Em particular, procura demonstrar que os homens, pelo simples uso de suas faculdades naturais, "podem adquirir todo o conhecimento que possuem sem a ajuda de quaisquer impressões inatas e podem alcançar a certeza sem qualquer destas noções ou princípios originais" (LOCKE, 1998 , p. 13).

Na verdade, ao apresentar um estudo metódico e sistemático no "Ensaio Acerca do Entendimento Humano", Locke acrescenta uma importante contribuição à teoria do conhecimento. Uma obra de fácil compreensão e das mais agradáveis de ler; uma tese extremamente metódica e didática que, de certa forma, sintetiza o pensamento empirista. Dividida em quatro partes, no primeiro, livro afirma que

nem os princípios nem as ideias são inatos. No segundo livro, procede a um estudo sistemático sobre as ideias, classificando-as em simples e complexas para, em seguida, estudar as palavras e a linguagem em sua relação com a percepção, analisando depois, o conhecimento em vários de seus pormenores e enfrentando as mais variadas questões relacionadas ao ato de conhecer. Poderíamos afirmar que para Locke, o conhecimento é uma espécie de abertura ao mundo de forma a poder representá-lo na mente, gerando a linguagem e a razão. Entretanto, ao comparar o seu trabalho com outras produções importantes da época, a exemplo da obra de Newton, assume a humilde tarefa de um "trabalhador inferior que limpa um pouco o terreno e remove parte do entulho que está no caminho do conhecimento" (LOCKE, 1998, p.5).

Hume e o impasse da proposta empirista

Como se sabe, é contra a persistência de concepções medievais escolásticas e o movimento racionalista de inspiração cartesiana, no século XVII, que se levantam os empiristas. E um dos mais importantes representantes desta corrente é, sem dúvida, o escocês David Hume (1711-1776).

Seguindo os passos de Locke, Hume atribui a gênese do conhecimento aos sentidos e à experiência, e nega, de forma ainda mais contundente, toda e qualquer afirmação que pretenda ir além daquelas impressões. Sua tese principal pode ser resumida na seguinte afirmação: "A despeito de sua aparente liberdade, o nosso pensamento

está, na realidade, confinado em limites muito estreitos e todo o poder criativo do espírito se limita apenas à faculdade de compor, transpor, aumentar ou diminuir os materiais fornecidos pelos sentidos e pela experiência" (apud OMNÉS, 1996, p.95).

Em sua obra principal, o "Tratado sobre a Natureza Humana", Hume sustenta a tese de que toda a atividade do espírito humano limita-se a exploração de fatos e que as próprias leis definidas pela ciência, através do método experimental, são apenas resumos de fatos. Nesse sentido, questiona a aparente obviedade envolvida na relação entre causa e efeito. Para Hume, quando dois eventos se sucedem no tempo com certa persistência, gera-se uma expectativa de ocorrência do segundo sempre que o primeiro se revela. Esta conexão sustentada no hábito da expectativa é tudo o que podemos saber a respeito da causalidade. Tal conclusão põe em dúvida as prerrogativas do método indutivo e do próprio empirismo.

Embora esta afirmação se constitua em uma clara violação ao julgamento do senso comum, mais do que qualquer outro, Hume considera o cotidiano um ponto fundamental para construção de sua filosofia e procura partir da forma original como o homem experimenta a realidade para realizar tal projeto. Além destas questões, também questiona a existência permanente de um *"eu"* e enfrenta a polêmica em torno do determinismo em seu confronto com o livre arbítrio.

O empirismo radical de Hume vai impressionar Kant, constituindo-se um dos importantes substratos para a sua filosofia crítica. Tanto no que se refere ao problema

da possibilidade de um conhecimento puro e a priori como no enfrentamento de algumas questões de natureza metafísica.

A filosofia Kantiana e os limites da faculdade de conhecer

Nascido na Prússia três anos antes da morte de Newton, Immanuel Kant (1724-1804) sofreu toda a influência da Matemática e da Física que dominaram quase que exclusivamente o cenário das ciências naturais durante os séculos XVIII e XIX. Em sua obra principal, "Crítica da Razão Pura" defende a tese de que existem conhecimentos *a priori* e para além dos dados empíricos. Por conseguinte, a faculdade de conhecer não é dada pelo objeto, mas o objeto é que é regulado pela faculdade de conhecer. Nesses termos, estabelece o seu projeto de trabalho, isto é, investigar a existência de princípios apriorísticos que possibilitariam as sínteses construídas a partir dos dados empíricos. Para Kant (1983, p.23), "Não há dúvida que todo o nosso conhecimento começa com a experiência; do contrário, por meio do que a faculdade de conhecimento deveria ser despertada para o exercício senão através de objetos que toquem nossos sentidos...". Contudo, embora em termos de tempo, todo conhecimento comece com a experiência, isto não significa que se origina nela. Com efeito, poderia ocorrer que o conhecimento fosse um composto daquilo que recebemos por impressão e daquilo que a nossa própria faculdade de conhecer fornecesse por si mesma. Para Kant, essa era uma questão que, no mínimo, mereceria uma investigação mais cautelosa e, embora reconheça a importância

dos argumentos empiristas, acredita que, “se um juízo é pensado com universalidade rigorosa, isto é, de modo a não lhe permitir nenhuma exceção como possível, então não é derivado da experiência, mas vale absolutamente a priori”. Portanto, conclui Kant, “é fácil mostrar que no conhecimento humano realmente há semelhantes juízos necessários e universais no sentido mais rigoroso,...” (p.24). Por exemplo, nenhuma imagem de um triângulo alcançaria a universalidade do conceito.

> Ao contrário, o esquema de um conceito puro do entendimento é algo que não pode ser levado a nenhuma imagem, mas é somente a síntese pura conforme uma regra da unidade, segundo conceitos em geral que expressa a categoria e é um produto transcendental da capacidade de imaginação que concerne à determinação do sentido interno em geral, segundo condições de sua forma (o tempo) (KANT, 1983, p. 105/106).

Na realidade, são duas as formas que determinam o sentido interno: o *espaço* e o *tempo*, ambos tomados por Kant como formas a priori da sensibilidade. Nesse sentido, não é a realidade externa ao sujeito que produz a noção de espaço e de tempo, mas o fato de possuir o espaço e o tempo como estruturas apriorísticas de sua sensibilidade que permite ao sujeito perceber os objetos como relacionados espaço-temporalmente. A filosofia kantiana em sua firme defesa da existência de conhecimentos *a priori* e por uma questão de coerência lógica, deverá conduzir a uma conclusão revolucionária: não é possível conhecer a

realidade em si mesma (*noumenon*), mas apenas os fenômenos frutos da síntese entre as impressões dos sentidos e as faculdades apriorísticas do ato de conhecer.

A partir de Kant, o problema da possibilidade ou não de um conhecimento verdadeiro assume um patamar diferente. Ao introduzir a ideia de uma *coisa em si,* o filósofo alemão estabelece limites à possibilidade cognoscível, fazendo uma distinção entre o mundo dos fenômenos (aparência) e o mundo dos *noumenos* (a realidade em si). Esta última não seria completamente cognoscível, e o conhecimento estaria condicionado a limites *interpretativos* que condicionam a atividade racional do homem como estruturas existentes *a priori* (espaço e tempo absolutos), e desde sempre, na razão humana. Em sua "Crítica da Razão Pura" Kant (1983) defende a tese de que a aquisição do conhecimento depende da percepção, imaginação e entendimento, em uma espécie de aliança entre o pensamento puro e as experiências dos sentidos.

Na verdade, esta é uma discussão filosófica que remonta ao debate entre o idealismo cartesiano e o empirismo de Hume. Nesse confronto, Descartes colocava o pensamento como única possibilidade de enfrentar os equívocos das experiências baseadas nos sentidos e os erros da ciência. De modo que, poder-se-ia duvidar de tudo, inclusive da própria existência do mundo, do corpo e do próprio pensamento. Mas se há dúvida é porque pensamos, e se pensamos, é porque existimos. A razão é para Descartes o principal critério de verdade do discurso científico. Nesse sentido, concordamos com Acanda (2001, p.3) que, ao abandonar a concepção cartesiana de um sujeito autocentrado para fazer

uma reflexão sobre os elementos que condicionam a atividade gnosiológica do indivíduo, Kant realiza uma espécie de "revolução copernicana" na filosofia, convertendo-a a partir de então, em *filosofia crítica*.

Hegel e Marx: a unidade dialética e a ciência na arena da história

Como Kant, Hegel vai construir um sistema filosófico que se constituirá em uma nova reviravolta em torno da questão do conhecimento. A partir de uma formulação mais complexa e radical do idealismo que conduz a uma totalidade única, o *Espírito Absoluto*, discorda de qualquer formulação dualista, principalmente aquela formulação kantiana que introduz um interdito entre a realidade em si (*noumeno*) e o conhecimento que se possa obter dela.

> Essa precaução deve até transformar-se na convicção de que toda a tarefa de conquistar para a consciência, por meio do conhecimento, o que é em si é, na sua conceituação mesma, um contra-senso, de que o conhecimento e o absoluto sejam separados por uma nítida linha de fronteira (HEGEL, 1974, p.47).

Com efeito, para Hegel é fatalmente contraditória a afirmação sobre algo que, a priori, se estabeleceu como inacessível ao pensamento, de modo que, tudo o que *é*, é *cognoscível*, "o real é racional e o racional, é real", não existindo interdição entre o *ser* e o *pensar*. Não se trata,

porém, de uma eliminação da contradição entre os termos desta construção. Pelo contrário, na dialética proposta por Hegel, se a ideia, a lógica, é a tese, a natureza é a antítese e o *espírito* é uma síntese: unidade *natureza/ideia*. Como sublinha Melo Neto (2001), a cada nova síntese, os momentos anteriores são negados, mas ao mesmo tempo, integrados numa forma superior e o processo segue indefinidamente articulado em uma estrutura do tipo: tese, antítese e síntese, até alcançar a síntese final do *espírito absoluto* postulado por Hegel. Ao dualismo kantiano, Hegel contrapõe a unidade na contradição dialética que não separa sujeito e objeto, natureza e cultura, mas entende a natureza como cultura que ainda não se reconheceu como tal, que ainda não se negou; ainda não se descolou da experiência natural imediata, e a cultura humana como natureza negada e reafirmada em uma nova síntese autoconsciente.

Por outro lado, enquanto Kant compreendia as estruturas que condicionavam a atividade racional do homem como dadas a priori na razão humana, Hegel as interpretou como estruturas históricas que mudavam com a evolução da sociedade e condicionavam, não só a atividade cognosciva, mas todas as formas de subjetividade social. Nesse sentido, forneceu as bases para a futura síntese elaborada por Marx que, embora atraído pela lógica da dialética hegeliana, rejeitava a noção de um *espírito absoluto*.

De acordo com Acanda (2001), ao se contrapor ao idealismo absoluto de Hegel, Marx sugere o caráter histórico e social das estruturas condicionadoras da atividade humana, entendendo esta atividade, não só como atividade espiritual, mas como atividade material, como prática, e

colocando a interpretação dialético-materialista da produção no centro de sua teoria. “Estas estruturas sociais que condicionam a atividade humana são, por sua vez, resultado da própria atividade humana. Ao produzir sua vida material, os homens estabelecem entre eles uma rede de relações sociais que condicionam, por sua vez, suas formas de subjetividade” (ACANDA 2001, p.4). Em Marx, a verdade da ciência é colocada na arena da história concreta das relações humanas.

Entre conquistas e promessas: as certezas da ciência na modernidade

Para dar uma ideia mais ou menos clara do grau de certeza e otimismo vivido pela modernidade no final do século XIX e início do século XX, retoma-se aqui algumas das mais celebradas conquistas da ciência neste período, com destaque principal para as aplicações tecnológicas que mudaram o cenário de toda a Europa e dos países por ela influenciados.

Já no primeiro livro dos “Principia” Newton (2002) estabelece os princípios fundamentais da dinâmica e a partir de suas leis, os diferentes tipos de órbitas possíveis de uma partícula que sofre a ação de uma força do tipo da ação gravitacional, demonstrando matematicamente as leis de Kepler. No segundo livro, estuda o movimento de corpos em meios resistentes e o problema relacionado à mecânica dos fluidos, incluindo a propagação de ondas em um fluido. No livro terceiro, “O sistema do Mundo”, aplica a sua lei da Gravitação Universal para analisar o

movimento dos satélites em torno dos planetas e dos planetas ao redor do Sol; calcula ainda as massas dos planetas em termos da massa da Terra e o achatamento dos polos devido a sua rotação.

Como se não bastasse, Newton ainda enfrenta o problema da precessão dos equinócios (oscilação na rotação da terra devido ao achatamento dos polos), as perturbações no movimento da Lua provocadas pela ação do Sol, o fenômeno das marés e o cálculo das órbitas dos cometas. Além de todas essas contribuições apresentadas nos "Principia", Newton desenvolveu importantes trabalhos nos campos da óptica, da Matemática, da alquimia e da teologia[20].

Todo esse desenvolvimento da mecânica, aliado às construções no campo da termodinâmica, possibilitaria um notável aperfeiçoamento das máquinas térmicas, das locomotivas, da balística dos canhões, além de aumentar enormemente a capacidade de navegação. Certamente os progressos nestes campos foram fundamentais para o desenvolvimento da primeira indústria, mas outras poderosas invenções ainda estariam por nascer.

De acordo com Costa e Schwarcz (2000), o caráter global da economia capitalista se consolida no século XIX e o surto inaugural desta economia industrializada teria se baseado em três elementos básicos: ferro, carvão e máquinas a vapor. Mas é a revolução seguinte que agora nos interessa. Uma segunda revolução industrial de bases científico-tecnológicas ocorrida, principalmente, a partir da década de 1870. É a revolução da eletricidade e do

20 A esse respeito ver o artigo "Isaac Newton, as Profecias Bíblicas e a Existência de Deus". (FARATO, 2006).

eletromagnetismo que, aplicada ao processo produtivo, possibilitará o desenvolvimento de uma nova indústria.

Do nosso ponto de vista, a construção da primeira pilha elétrica, em 1795, (pilha de Volta), constitui-se em um daqueles inventos que abriria enormes perspectivas para investigações futuras. Uma das primeiras consequências diretas da produção de eletricidade contínua, ou seja, de correntes elétricas, foram as experiências de Oersted (em 1820) e de Faraday (em 1831) que resultaram na posterior consolidação do eletromagnetismo.

Os impactos das novas descobertas foram tão grandes que atraíram a curiosidade da coroa britânica e, conforme relato de Sagan (1985), em meados do século XIX, o físico inglês Michael Faraday teria sido visitado pela Rainha Vitória que, em diálogo com o eminente físico experimental, indagou a respeito da utilidade de seus estudos e inventos. A resposta de Faraday teria sido elaborada a partir de uma nova pergunta: “para que servem os bebês?”.

Com base nos trabalhos de Faraday e de seus predecessores, Clerk Maxwell organizou quatro equações matemáticas que pretendiam descrever todo o eletromagnetismo. No entanto, as equações ainda apresentavam uma estranha assimetria e desequilíbrio estético. Para recuperar a simetria e garantir uma melhor estética de suas equações, Maxwell introduziu um termo adicional, a que ele denominou de *corrente de deslocamento*. Embora seu argumento fosse baseado apenas na intuição matemática, sua proposta conduziu a resultados de grandes repercussões práticas. As equações corrigidas implicavam na existência de radiações eletromagnéticas com um alcance que envol-

via desde a luz visível até os raios gama, os raios X, a luz ultravioleta o infravermelho e as ondas de rádio.

De acordo com Rocha (2002), em 1880, a Academia de Berlim teria oferecido um prêmio a quem conseguisse, utilizando apenas meios elétricos, reproduzir as radiações previstas na teoria de Maxwell. A confirmação experimental foi obtida, em 1887, pelo físico alemão Heinrich Hertz que, a partir de um circuito oscilante simples, conseguiu produzir ondas de longo comprimento (0,3m), mais tarde denominadas de ondas hertzianas ou ondas de rádio.

Os impactos das novas descobertas foram de tal monta que, semelhante ao alcance da mecânica newtoniana, alguns cientistas passaram a acreditar que quase nada mais restava a acrescentar sobre a natureza da luz.

Mas antes do coroado triunfo da teoria de Maxwell, confirmada pelas experiências de Hertz, uma aplicação prática dos novos conhecimentos do eletromagnetismo foi, sem dúvida, a invenção do telégrafo pelo retratista norte-americano Samuel Morse que, em 1835, colocou em funcionamento o primeiro telégrafo eletromagnético da história. Baseado em um princípio simples que convertia informações em pulsos elétricos para poder transmiti-las a longas distâncias, o telégrafo seria o precursor direto do telefone, do rádio e da televisão. Além de criar um novo e poderoso veículo de comunicação, Morse elaborou o código que convertia os sinais em letras do alfabeto, codificação que acabou popularizada com o nome de seu inventor: o *código morse*.

A outra grande vedete que se tornou o símbolo maior da modernidade, a lâmpada incandescente, só teria surgido por volta de 1872. Primeiro vieram as iluminações

mediante os arcos voltaicos e, só a partir da invenção dos dínamos e de uma produção mais fácil e barata de corrente elétrica, novas aplicações foram desenvolvidas, sobretudo no sentido de alimentar a iluminação doméstica e comercial. De acordo com Bernal (1976c), lâmpadas incandescentes toscas já haviam sido feitas na Rússia por Lodygin, em 1872, e por Swan, na Inglaterra pouco tempo depois. A contribuição decisiva de Edison teria sido a construção de uma estação geradora com uma rede de cabos de distribuição que possibilitava o fornecimento de eletricidade semelhante à distribuição de água e gás. É só a partir desse complemento suplementar de corrente elétrica que as lâmpadas incandescentes podem ser aperfeiçoadas e barateadas, numa relação mútua entre utilidade prática e economia.

Ainda na rota das inovações técnicas ligadas aos desenvolvimentos do eletromagnetismo, podemos destacar duas invenções que ocasionaram grandes revoluções nos meios sociais: o telefone e o rádio.

Com o desenvolvimento da telegrafia e o crescente interesse pela velocidade da comunicação, era natural que se tentasse o aperfeiçoamento do telégrafo. A ideia parecia simples: se o som poderia ser transmitido através de fios, por que não tentar o mesmo procedimento com a voz humana? O aparelho revolucionário, que conseguia transformar a voz humana em sinais elétricos e ao mesmo tempo converter estes sinais em voz humana, foi criado, em 1876, pelo escocês Alexander G. Bell. Porém, aquela nova invenção seria apenas mais um passo dentro de um processo de grandes inovações que marcaria todo o curso do século XIX. Mesmo porque, o novo interesse pelas comunicações

ainda reservaria enormes surpresas para a confiante sociedade das luzes.

A produção das ondas eletromagnéticas, em 1887, alargaria bastante o caminho para novas e importantes perguntas: por que não pensar na possibilidade de construção de um telégrafo sem fio, evitando assim as enormes despesas com postes e cabos?

A ideia fundamental era uma transmissão de informações através da propagação de ondas eletromagnéticas e o mérito da invenção seria atribuído ao italiano Guglielmo Marconi que, em 1894, seis anos antes do fim do século, conseguiu fazer soar um sino dois andares abaixo de seu laboratório sem utilizar nenhum meio material transmissor. Mais tarde, já na virada do século XIX para o século XX, realiza a incrível façanha de receptar um sinal transmitido da Inglaterra para o Canadá, cobrindo uma distância aproximada de 3.500 quilômetros.

Evidentemente os impactos e transformações ocorridos, na sociedade, a partir da incorporação destas novas tecnologias ao cotidiano das pessoas, foram imensos. Na opinião de Sagan, os trabalhos de laboratório de Faraday acrescidos à física teórica de Maxwell acarretaram, um século mais tarde, uma verdadeira revolução tecnológica em todo o planeta Terra.

> A luz elétrica, o telefone, o fonógrafo, o rádio, a televisão, os trens refrigerados que permitem o consumo de produtos frescos longe das fazendas, os marca-passos cardíacos, as usinas hidroelétricas, os alarmas automáticos contra incêndios e os sistemas aspersores de água, os bondes elétricos e os metrôs,

> os computadores e toda a parafernália de máquinas e dispositivos eletrônicos atualmente disponível no mercado – tudo isso são produtos diretos dos fios, ferros e arames do misterioso laboratório de Faraday e da insatisfação estética de Maxwell... (1985, p.47).

Os triunfos da ciência moderna no curso do século XIX e início do século XX são tão marcantes e numerosos que ampliariam enormemente a relação apresentada por Sagan e certamente consumiríamos todo esse capítulo apenas para citar em linhas gerais os incontáveis desenvolvimentos particularmente restritos ao território da ciência física. Contudo, cabe ainda registrar algumas outras conquistas pertencentes ao universo das Ciências Biológicas e da Química. No primeiro caso, merecem destaque as pesquisas de Pasteur sobre as bactérias (1885); a publicação de "A origem das Espécies" por Charles Darwin (1860); a teoria das células por Schleiden e Schwann (1839); Pasteur e a teoria dos germes (1865). No segundo caso, assiste-se a uma nova manipulação dos gases, ao teste da balança e a confirmação da conservação da matéria, a descoberta do oxigênio, o advento e a derrocada da teoria do Flogisto, o estabelecimento e a organização dos elementos químicos, a lei de Avogrado, os princípios da eletrolise, a teoria atômica de Dalton e muitas outras conquistas que, a exemplo do eletromagnetismo, também conduzirão a uma infinidade de aplicações práticas, que aos poucos irão modificando o cenário da sociedade moderna. Nesse novo modelo de civilização, vão entrando em cena: os processos de pasteurização e esterilização, a anestesia, os adubos artificiais, a penicilina, as comidas enlatadas, as cervejas

engarrafadas, o sabão em pó, os refrigerantes, as escovas de dente, o creme dental e a coca- cola, símbolo particular de um processo global de padronização dos costumes.

Conforme Fernandez (2004), uma característica peculiar da ciência nascente era a exigência de argumentos demonstrativos, tanto teóricos como empírico-experimentais. Nesse caso, diferente da cortina de mistério e obscuridade que envolvia o conhecimento medieval, toda proposição de natureza científica deveria ser publicada. Tal critério possibilitaria a discussão e o controle por parte da comunidade científica e a verdade das proposições não dependeria da visão individual do próprio cientista. É nesta perspectiva, mas, sobretudo, por outros interesses de natureza econômico-social que são instituídas as primeiras sociedades científicas, a exemplo da Royal Society de Londres (1662) e da Académie Royale des Sciences na França (1666). No entanto, as sociedades genéricas que serviram aos séculos XVII e XVIII tornaram-se incapazes de abarcar as especificidades de uma infinidade de novos conhecimentos que exigiam a organização de sociedades particulares para cada disciplina. Começaram a surgir por toda a Europa novas sociedades de Química, de Física, de Astronomia, de Geologia, de Matemática e de muitas outras áreas, conforme o crescimento e organização de seus seguidores.

Por outro lado, a simples comunicação entre os pares não será suficiente e logo surgirá a necessidade de difundir as conquistas da ciência entre os não cientistas. Um exemplo de difusão e estímulo às atividades científicas que, de acordo com Bernal (1976c, p.534), teria sido provocado pelas novas necessidades impostas pela Revolução Industrial, foi a *Encyclopédie des Arts, Sciences et Métiers*. Obra

publicada em vinte e oito volumes e reeditada de 1751 a 1772, a Enciclopédia foi, em grande parte, resultado dos esforços de Diderot e D'Alembert, mas com a imprescindível colaboração de quase todos os sábios da época. No contexto do século XIX, novas e mais intensas iniciativas são desenvolvidas no sentido de comunicar algumas produções e novidades da ciência. As exposições universais, os textos elementares, os museus e muitos outros meios serão utilizados com a finalidade de comunicar os grandes feitos de uma ciência que parecia apresentar as melhores respostas para quase todos os problemas da humanidade.

Como lembra Bernal (1976c), a coerência e unidade do quadro das ciências revelado pelo seu progresso, durante o século XIX, levaram alguns cientistas a pensarem que a ciência logo chegaria ao seu termo. No caso da física, as grandezas, calor, eletricidade, magnetismo e óptica, anteriormente separados, tinham se reunido numa grandiosa e poderosa síntese: o eletromagnetismo. Do outro lado, a mecânica também havia se projetado como uma teoria de alcance universal, para a qual, o universo consistia de partículas e movimentos previsíveis e previsíveis através da manipulação das leis de Newton. Na Química, os elementos estavam quase todos descobertos e na Biologia, a teoria da Darwin apontava para o fato de que a própria evolução era um processo estruturado à base de acasos e disputas. Com efeito, os poucos desvios e algumas lacunas poderiam ser facilmente solucionados em curto período de tempo, preservando a unidade e consistência do modelo.

Essa esperança e otimismo não eram restritos à comunidade científica, mas a grande maioria da população também acalentava grandes expectativas e confiança no

progresso científico impulsionado a partir das conquistas do século XIX e no consequente crescimento do progresso e bem-estar da humanidade. A esse respeito, Costa (2000) apresenta alguns relatos da virada do século que retratam, de maneira muito clara, o otimismo entusiasta da época. Conforme a referida autora, em edição de primeiro de janeiro de 1900, o Jornal *O Estado de São Paulo* publica a seguinte matéria:

> [...]. Nenhum veio ao mundo mais apercebido de armas e recursos para ferir com vantagem a luta pela existência. Outrora gastavam-se sessenta e setenta dias numa viagem de Lisboa ao Rio de Janeiro. Hoje transpõe-se essa distância em onze dias. [...] Outrora uma pessoa que estivesse no Japão só se podia comunicar com outra que se achasse na França pelo correio, tão lento como o deslize de um navio de velas, tão tropo como o chouto de uma mula cansada. Hoje as comunicações fazem-se pelo telégrafo, tão prontas como clarões de relâmpagos. Outrora o som da voz humana extinguia-se a alguns metros do homem que o emitia. Hoje, a eletricidade trasmite-a, clara, a léguas e léguas de distância. Outrora, as cidades à noite eram como que desabitadas. A treva enterrava os homens honestos e pacíficos e protegia os ladrões. Hoje é exatamente à noite que as cidades, salpicadas de luzes, oferecem mais seduções (p.57-58).

Como se pode notar, a metáfora do iluminismo encontra realidade na iluminação das cidades e a presença da luz elétrica torna-se um símbolo particular do progresso, ainda

hoje utilizada para identificar a presença deste no chão dos continentes. Não foi sem razão que se destacou como a grande vedete na Exposição Universal de Paris, também conhecida como a festa da eletricidade.

Realizada em 14 de abril de 1900, a *festa eletricidade* abria-se com um palácio monumental, totalmente iluminado por 12 mil lâmpadas e acima, uma gigantesca estrela iluminando o topo do Pavilhão da Eletricidade que, como lembram Costa e Schwartcz, era uma visão emblemática de uma sociedade profundamente marcada pelas inovações tecnológicas. Uma visão que em muito superava o antigo status da magia.

> A física e a química – duas fadas – reverdecem com as suas varinhas mágicas o campo mais estéril e esgotado [...] Foi no século XIX que Pasteur nasceu e morreu. A ciência de curar já não anda às tontas, ou amparada na muleta rude do empirismo. Os homens ainda morrem, mas morrem em muito menos quantidade do que morriam. Há doenças, que antigamente não poupavam o doente, e das quais o médico hoje ri e zomba (2000, p.58).

Esta é uma concepção que não se limitará aos tempos do século XIX, mas cruzará a fronteira de todo o século XX e, mesmo depois do fracasso de algumas das mais esperadas promessas da ciência, persistirá até os nossos dias. Um exemplo de otimismo e confiança nas vantagens da ciência que, em muito se compara às declarações apaixonadas do século XIX, são as afirmações de Sagan em sua

conhecida obra “O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro”:

> Se você quiser saber quando será o próximo eclipse do Sol, pode procurar mágicos ou místicos, mas terá maior sorte com os cientistas. Eles lhe dirão onde se posicionar na terra, quando terá de estar neste lugar, se vai ser um eclipse total, parcial ou anular. [...] Você pode ir ao feiticeiro-curandeiro para que ele desfaça o feitiço que causa a sua anemia perniciosa, ou tomar vitamina B12. Se quiser salvar o seu filho da poliomielite, pode rezar ou vacinar. E se quiser saber o sexo da criança antes do nascimento, pode consultar todas as oscilações do chumbo na linha de prumo... mas elas acertarão em média, apenas uma em duas vezes. Se quiser uma precisão real (nesse caso, de 99%), tente amniocentese e ultra-som. Tente a ciência (1996, p. 44).

O próprio título da obra revela uma clara semelhança com a visão iluminista da ciência. Se não é a única, pelo menos, é a melhor forma de iluminar os corredores obscuros criados a partir de muitas tentativas fracassadas nos caminhos tortuosos de compreensão da realidade. No entanto, algumas flutuações marcarão profundamente o cenário do século XX e, na virada para o século XXI, a ciência não será mais vista com o mesmo otimismo e entusiasmo que iluminava a sua entrada triunfante no início do século. O descumprimento de algumas promessas e uma série de crises internas ao próprio modelo da ciência moderna serão fatores decisivos para o desabrochar de uma nova visão de ciência, que deverá marcar o cenário do Século XXI. Assunto que trataremos nos capítulos seguintes.

Capítulo II

Os impasses e a crise da ciência moderna

Sentimos que mesmo depois de serem respondidas todas as questões científicas possíveis, os problemas da vida permanecem completamente intactos (Wittgentein).

Crise da modernidade: um quadro geral

Conforme escreve Cambi (1999), ao final do século XV e início do século XVI, fecha-se um longo ciclo histórico e prepara-se outro, igualmente longo e talvez ainda inconcluso. Ciclo histórico que tem características profundamente diferentes do anterior, em relação ao qual opera uma ruptura. Este novo período que, para alguns historiadores teria seu início na Renascença, atravessando a Revolução Francesa e culminando com a industrialização inglesa no século XIX, vai ser conhecido, mais tarde, como: *a modernidade*.

A modernidade inaugura uma crise que resultará no desaparecimento de uma sociedade de *ordens*, típica da Idade Média, governada pela autoridade política, religiosa e cultural representada pela figura do imperador e do papa. Sociedade que, negando as liberdades individuais, valorizava os grandes organismos coletivos: a Igreja e o Império, mas também a família e a comunidade. Esse modelo entra

em crise no final dos anos quatrocentos, quando a Europa se laiciza economicamente (fortalecimento do comércio) e politicamente (nascimento dos estados nacionais), mas também ideologicamente (pela separação do mundano e do religioso e pela afirmação da centralidade no homem).

Na visão de Cambi (1999), com o advento da modernidade, desloca-se o eixo da história do Mediterrâneo para o Atlântico, do Oriente para o Ocidente e através das viagens de descobrimento e colonização se estabelecem novos contatos com diferentes áreas do mundo, novas culturas e etnias e modelos antropológicos diferentes. O antigo modelo feudal, ligado a um sistema econômico fechado (baseado na agricultura), cede lugar a uma nova economia de intercâmbio, baseada na mercadoria e no dinheiro. Nasce o sistema *capitalista* que, livre de princípios éticos, de justiça e solidariedade, caracteriza-se pelo cálculo econômico e pela exploração de todo recurso: natural, humano e técnico.

No mesmo contexto e nas mesmas bases calculáveis e independentes de argumentos subjetivos, nasce a ciência moderna que, a partir das consequências impostas pela revolução copernicana, inaugura uma nova maneira de pensar a realidade, uma nova racionalidade que, exigindo a libertação das antigas tradições platônico-agostinianas e aristotélico-tomistas, desafia o antigo conhecimento baseado no obscurantismo religioso e na irracionalidade da tradição especulativa, opondo-lhe o novo método empírico e experimental (Galileu, Bacon, Locke e Hume) e uma nova razão de bases cartesianas. O abandono das verdades reveladas sugere um retorno à tradição de observação dos

antigos pré-socráticos, buscando-se na própria natureza as explicações para os fenômenos. É necessário estabelecer um novo tipo de diálogo com a natureza que, segundo Galileu deveria ser travado a partir de modelos mais simplificados e em linguagem matemática. Do mundo fechado que, conforme Koyré (1979) agora abre espaço para um universo infinito, tudo deve funcionar conforme as leis imutáveis da natureza. O universo deve se enquadrar em uma nova metáfora de uma máquina perfeita e ordenada que funcione de acordo com leis endógenas e traduzidas em linguagem matemática.

Uma outra importante característica da modernidade é o surgimento do Estado Moderno, primeiramente absoluto, centralizado e controlado pelo soberano em todas as suas funções (Maquiavel e Hobbes) e depois o estado liberal (Locke e Rousseau). Um Estado-nação e um Estado-patrimônio atento à prosperidade econômica e organizado segundo critérios racionais e de eficiência. Como revolução social, surge uma nova classe: a burguesia que nasce nas cidades e promove o novo processo econômico (capitalismo), estabelecendo uma nova concepção de mundo (laica e racionalista) e novas relações de poder, opondo-se à aristocracia feudal e aliando-se à coroa para mais tarde romper também com seu modelo de Estado patrimonial e de exercício absoluto do poder e viabilizar o estado Liberal. No campo ideológico-cultural, inicia-se um processo de laicização, emancipando a mentalidade – sobretudo das classes altas – da visão religiosa do mundo e da vida, ligando-a a história e à realidade de suas transformações, o que vai conduzir a uma nova maneira de ver o mundo e uma nova forma de construção do conhecimento.

Estas são algumas das características da modernidade, período que vai conhecer o seu apogeu e o início de sua crise a partir do século XIX. É neste século, que vamos assistir ao triunfo da burguesia industrial, a consolidação do capitalismo de mercado e algumas das mais importantes construções da ciência moderna (Eletromagnetismo, Termodinâmica, Mecânica Estatística, etc...).

Para Cambi (1999), essa é a época de maior consolidação e difusão da indústria e maior articulação das burguesias. O trabalho está fortemente relacionado à indústria e acelera-se o processo de crescimento das cidades. Por outro lado, a realidade do século XIX, possibilita o surgimento e articulação política de uma nova classe que se opõe ao capitalismo burguês: o *proletariado*.

É no século XIX que se observa uma frontal luta de classes, exacerbando o "medo burguês" do espectro do socialismo-comunismo e intensificando as ações de controle das instituições. Dessa forma, era urgente a consolidação da tradicional família burguesa centrada no patriarcado, no princípio da propriedade privada e no inalienável direito a herança; ao mesmo tempo, tornava-se fundamental uma maior consolidação e controle do estado liberal burguês, amplamente criticado pelos defensores do socialismo nascente, e das escolas que deveriam garantir uma formação de conformidade ao espírito burguês.

Estes são alguns dos importantes esteios de sustentação da modernidade. Mas, conforme alguns dos mais importantes autores, a modernidade está em crise e os referenciais teóricos que definiram essa época (Séculos XVI e XVIII) há muito não respondem a uma série de novas questões postas pela dinâmica da própria realidade.

Os modelos construídos sobre os pilares do racionalismo cartesiano, mecanicismo newtoniano e iluminismo kantiano, tornaram-se insuficientes para dar conta de uma série de novos problemas gestados a partir de seus próprios fundamentos.

Usando a terminologia de Kuhn, diríamos que se trata de uma nova crise de paradigmas[21]e que as características da nova crise podem apontar para uma questão ainda mais complexa: o problema pode não estar nos paradigmas, mas na validade da existência de paradigmas. Para Scocúglia (1997), a crise seria "de" e não "dos" paradigmas.

Se a crise é de paradigmas não é simples prognosticar, no entanto, é possível garantir que não se trata de um simples mal-estar provocado por alguns impasses no universo da ciência moderna. Trata-se mesmo de uma crise que atinge diversos constituintes da modernidade.

De um ponto de vista pragmático, por exemplo, as promessas da razão iluminista não foram cumpridas e o modelo que nasceu questionando a barbárie da Idade Média com seus fundamentos teológicos, aristotélicos e feudais, acabou produzindo uma crise sem precedentes na história da humanidade. Para Morin:

> Os desenvolvimentos da tecnociência são ambivalentes. Encolheram a Terra e deram condição imediata de comunicação a todos os pontos do globo, proporcionaram meios para

21 O termo *paradigma* é usado aqui como o conjunto de compromissos de pesquisa de uma comunidade científica (constelação de crenças, valores, técnicas partilhados pelos membros de uma comunidade determinada). (OSTERMANN, 1996; CHALMERS, 1993).

> alimentar todo o planeta e para assegurar a seus habitantes um mínimo de bem estar, mas, ao contrário, criaram também as piores condições de morte e de destruição (2003, p.75).

De fato, como também reconhece Santos (2005), existe uma ambiguidade no que se refere ao cumprimento das promessas da modernidade. Em alguns casos, os projetos e promessas foram e estão sendo realizados ao extremo, em outros aspectos, o fracasso revela que o saldo da modernidade não é dos mais otimistas e, sem desmerecer os avanços importantes em vários pontos, alguns resultados concretos, apontam indubitavelmente para o fracasso no cumprimento de algumas de suas principais promessas.

No que diz respeito às utopias de igualdade, os saldos são aterradores. Com apenas 21% da população mundial, os países capitalistas avançados controlam 78% da produção mundial de bens e serviços e consomem 75% de toda a energia produzida. Por conseguinte, os trabalhadores da indústria têxtil ou da eletrônica ganham 20 vezes menos no Terceiro Mundo do que os trabalhadores da Europa e da América do Norte na realização das mesmas tarefas e com a mesma produtividade. Com a explosão da dívida externa a partir da década de oitenta, os países devedores do Terceiro Mundo têm contribuído em termos líquidos para a riqueza dos países desenvolvidos pagando a estes em média 30 bilhões de dólares por ano. No mesmo período, a alimentação disponível nos países do Terceiro Mundo foi reduzida em cerca de 30%; enquanto só a área de produção de soja, no Brasil, seria suficiente para alimentar 40 milhões de pessoas se fosse aproveitada para o plantio de milho e feijão (SANTOS, 2005, p.23)

No que se refere às promessas de liberdade, não se pode comemorar grandes coisas. Quinze milhões de crianças trabalham em regime de cativeiro na Índia; a violência policial e prisional atinge índices alarmantes no Brasil e na Venezuela, enquanto os incidentes raciais aumentaram 276% na Inglaterra entre 1989 e 1996. A violência sexual contra as mulheres, a prostituição infantil, as vítimas de minas pessoais, as discriminações contra homossexuais, portadores do HIV, além de limpezas étnicas e chauvinismo religioso, são apenas algumas das contradições postas pela modernidade (Idem, p.24).

As esperanças de fraternidade e paz foram confrontadas com uma realidade assustadora. Enquanto no século XVIII, morreram 4,4 milhões de pessoas em 68 guerras, no século XX, morreram 99 milhões de pessoas em 237 guerras. Enquanto entre os séculos XVIII e XX, a população aumentou 3,6 vezes, o número de mortos nas guerras aumentou 22,4 vezes. Mesmo depois da queda do muro de Berlim e do fim da guerra fria, a paz não se consolidou, sobretudo, por conta dos conflitos entre Estados e no interior destes. Por fim, a promessa de dominação da natureza que, embora esteja sendo cumprida ao extremo, se faz de uma forma perversa e destrutiva. Nos últimos 50 anos, o mundo perdeu cerca de 1/3 de sua cobertura florestal. Apesar de a floresta tropical fornecer 42% da biomassa vegetal e do oxigênio, 600.000 hectares de florestas mexicanas são destruídos anualmente e as empresas multinacionais controlam hoje o direito de abate de 12 milhões de hectares da floresta amazônica. Um quinto da humanidade já não tem hoje acesso à água potável (Idem .24).

De fato, estes e outros problemas atestam uma crise que abala os principais alicerces da modernidade. Se esta crise se resolve salvando o modelo, ou se aponta para um novo paradigma, é uma outra questão. No momento, interessa-nos destacar alguns acontecimentos que possam justificar o que estamos denominando de *crise da modernidade*.

Em primeiro lugar é importante reconhecer que todo esse movimento não se constitui em um fenômeno isolado e particularizado para o campo da ciência moderna. A crise se processa em todos os setores da sociedade: da Família ao Estado, da Escola ao Trabalho, das Ciências Naturais as Ciências Sociais, todos os importantes pilares nos quais a modernidade se apoia, também estão em crise.

Revolução de gênero e crise na família

Conforme Lévi-Strauss (1980, p. 16), a palavra família "serve para designar um grupo social que possui, pelo menos, as três características seguintes: 1) Tem a sua origem no casamento; 2) É formado pelo marido, pela esposa e pelos (as) filhos (as) nascidos (as) do casamento, ainda que seja possível que outros parentes encontrem seu lugar junto do grupo nuclear; 3) Os membros da família estão unidos por: a) laços legais, b) direitos e obrigações econômicas, religiosas e de outro tipo, c) uma rede precisa de direitos e proibições sexuais, além de uma quantidade variável e diversificada de sentimentos psicológicos, tais como amor, afeto, respeito, temor, etc."

Daqui para frente, quando nos referirmos à crise da família, estaremos remetendo a este conceito, aproximado

para o modelo da família moderna clássica que se baseia em um único núcleo parental (pai-mãe-filho), tendo como centro a ideia de afeto, baseado na concepção de criança como um mito de espontaneidade e inocência.

Para Hobsbawm (1995), até bem pouco tempo, a maioria da humanidade partilhava certo número de características, como a existência de casamento formal com relações sexuais privilegiadas para os cônjuges; a superioridade dos maridos em relação às esposas e dos pais em relação aos filhos (patriarcado). Quaisquer que fossem a extensão e a complexidade da rede de parentescos e dos direitos e obrigações mútuos, uma família nuclear estava sempre presente em alguma parte do mundo. Porém, a partir da segunda metade do século XX, esses arranjos básicos e há muito existentes começaram a mudar com espantosa velocidade.

A crise da família revela-se na crise das relações de gênero, no enfraquecimento do patriarcalismo, na emancipação feminina e na afirmação de novos papéis sexuais conquistados pelo homossexualismo. O aumento da quantidade de divórcios e a substancial diminuição de casamentos formais aliados à redução drástica do número de filhos são fatores que confirmam a crise da família moderna tradicional. Conforme Hobsbawm (1995), o número de pessoas vivendo sós também disparou e em muitas grandes cidades ocidentais o número de casas com pessoas morando sozinhas atingiu a metade do total. Sem falar no caso da China, onde só é permitida a presença de um único filho e grande parte dos casais prefere não ter nenhum.

A simples constatação de todas essas mudanças é mais do que suficiente para confirmar que aquele modelo

clássico de família, construído a partir da modernidade, não se sustenta mais e que novos caminhos devem ser traçados a partir da nova realidade que se configura e se desenvolve a uma velocidade cada vez maior.

Crise na escola

Construída sobre as bases do racionalismo cartesiano e do mecanicismo newtoniano, com a crise destes paradigmas, a escola também entra em crise. Aquela escola cartesiana e de estilo barroco, que prioriza a razão e despreza o corpo como uma massa inútil, que separa a teoria da prática e não dá conta do ser humano em sua totalidade, em sua formação como ser para a vida, que oferece os instrumentos para compreensão e dominação da natureza, mas não consegue integrar o homem e o meio ambiente, vai desaparecer (BETTO, 1997).

De fato, as escolas foram ficando para trás no acelerado processo das mudanças ocorridas no mundo durante o século XX e, a partir de seus currículos sistemáticos, não conseguem acompanhar satisfatoriamente o acelerado desenvolvimento das ideias e construções científico-tecnológicas de nossa época. Conforme sugere Gaspar (1993), a distância entre o saber abrangido pela escola e aquele gerado pelo homem cresce assustadoramente, e a humanidade vai se tornando, cada vez mais, alheia às suas próprias conquistas.

Enquanto a educação formal chega atrasada na corrida para acompanhar a enlouquecida marcha de uma ciência que carrega em suas bases os princípios de desenvolvimento de

uma sociedade capitalista onde os produtos da tecnologia são oferecidos aos usuários, de forma cada vez mais agressiva, criando e impondo necessidades, a escola continua resistindo a mudanças em seu formato. Na visão de Betto (1997), nenhuma outra instituição, à exceção da Igreja Católica, tem resistido tão fortemente a mudanças em seus aspectos fundamentais, como a escola.

Enquanto nas sociedades contemporâneas, as pessoas têm cada vez mais acesso a um gigantesco arcabouço tecnológico que entra e sai do mercado numa velocidade alucinante, permitindo um acesso a informações num curtíssimo intervalo de tempo, a escola ainda teima em permanecer no domínio dos discursos e preleções, com ênfase nos exercícios baseados na instrução, e na crescente quantidade de conteúdos e atividades, na maioria das vezes, descontextualizadas e distantes da realidade, aproximando-se mais do antigo modelo escolástico, em que o conhecimento circulava apenas nos domínios das escolas, do que da nova realidade do século XXI.

Por estes e outros motivos, a escola enfrenta uma de suas maiores crises e deverá sofrer profundas modificações em um curto intervalo de tempo. Em um futuro bem próximo, afirma Gardner (1999, p.47), “a educação será significativamente baseada no computador. Não só grande parte da instrução e avaliação será fornecida por computador, mas os hábitos mentais promovidos pelas interações com o computador serão realçados...”. De fato, quase já não se escreve mais à mão e grande parte dos cálculos e gráficos matemáticos são desenvolvidos pelos computadores. “A tecnologia do computador coloca toda a

informação existente no mundo nas pontas dos dedos do indivíduo, literalmente. Isso é uma bênção e uma maldição" (GARDNER, 1999, p. 48).

Mas as mudanças não estão associadas unicamente às novas tecnologias. A fluidez do cenário mundial com suas novas configurações econômicas e políticas também impõe novos caminhos para a educação. Mesmo os países que não simpatizam com valores e instituições democráticas, reconhecem hoje a ascendência dos mercados e de sua força. Desde a China, Iraque ou Irã, até os países aliados do Mercosul, todos encontram-se empenhados em um jogo poderoso de concorrência, que envolve bens e serviços em um mercado cada vez mais global que exige um novo modelo de escola.

A escola do futuro deve estar capacitada a preparar os estudantes para sobreviver nesse implacável ambiente de crescente individualismo e competitividade e, ao mesmo tempo, possibilitar espaços para uma permanente e persistente crítica a esse modelo que, se não for urgentemente interditado, certamente conduzirá a resultados catastróficos para o futuro da humanidade.

O Estado

O Estado Moderno caracterizava-se como um Estado-nação e um Estado-patrimônio, atento à prosperidade econômica e organizado segundo critérios racionais e de eficiência. Com o processo de globalização, associado ao poder econômico dos grandes conglomerados empresariais, o estado tornou-se um dos parceiros do projeto de

desenvolvimento, mas não o fator principal e determinante desse projeto. A mundialização da economia rompe com as fronteiras nacionais, questiona o conceito de soberania e inaugura um momento de crise no conceito de Estado-nação e Estado-patrimônio. Fato que resulta num processo de acelerada privatização de empresas estatais, apoiado na ideia de diminuição do estado e no crescente refluxo e retração da estrutura estatal na promoção de políticas públicas, na garantia de seguridade social, ou em projetos de infraestrutura social. Assim, é necessário enfrentar o permanente dualismo entre Estado e Sociedade Civil que, segundo Santos (2003, p.118), "nunca foi inequívoco e, de fato, mostrou-se, à partida, prenhe de contradições e sujeito a crises constantes".

O princípio de separação entre Estado e sociedade civil engloba tanto a ideia de estado mínimo como a de Estado máximo, e a ação estatal pode ser considerada um inimigo potencial das liberdades individuais e, ao mesmo tempo, uma condição necessária ao seu exercício. As limitações dessa resposta não nos permite aprofundar aqui essa questão, no entanto, podemos reafirmar o nosso ponto de vista de que, na atual conjuntura brasileira, é importante recolocar a questão do Estado, destacando o seu papel social como promotor de políticas públicas e regulador das relações sociais, enfrentando o problema da corrupção nas instituições públicas e a discussão acerca das consequências perversas de sua ausência na sociedade, principalmente neste momento de crise das instituições, de ampliação do desemprego e, consequente, ampliação da desigualdade social e da miséria humana.

O trabalho

Estamos vivenciando um processo acelerado de avanço das novas tecnologias da informação e comunicação que convidam a uma reflexão urgente sobre a questão do emprego, do trabalho e das condições sociais em um mundo reconhecidamente globalizado.

Para Menezes (2000), as mudanças promovidas no sistema produtivo e nos serviços não deixam dúvidas de que, ao longo do século XXI, quem ainda estiver trabalhando não estará realizando tarefas rotineiras, repetitivas ou brutas, pois essas serão realizadas com vantagem por máquinas e sistemas informatizados, de modo que, para participar da produção serão necessários outros atributos.

De fato, com as mudanças impostas ao sistema produtivo, cada vez mais as tarefas rotineiras, repetitivas e brutas vão sendo substituídas por máquinas que requerem um contingente cada vez menor de trabalhadores, com habilidades e atribuições completamente diferentes daquelas desenvolvidas até então. A revolução da informática radicaliza ainda mais este processo e inaugura um período de complexidades que, além de acelerar o processo de mundialização, produz um extraordinário impacto no mundo do trabalho.

Conforme Betto (1997, p.7), estamos vivendo um processo angustiante de avanço tecnológico sem uma reflexão sobre a questão do trabalho, do emprego e das condições sociais geradas pela globalização. Nesse contexto, exemplifica: “em 1980, a Volkswagen tinha 45 mil funcionários e fabricava 750 veículos por dia. Hoje (1997)

produz 1,25 mil diariamente, com 25 mil funcionários. A Benetton inaugurou em Milão, na Itália, uma máquina de confecção automatizada e, no dia seguinte, despediu 3 mil funcionários".

Para alguns historiadores como Hobsbawm,

> ... as classes operárias acabaram – e de maneira muito clara após a década de 1990 – tornando-se vítimas das novas tecnologias; sobretudo os homens e mulheres não qualificados das linhas de produção em massa, que podiam ser mais facilmente substituídos por maquinário automatizado (1995, p.298).

Menos extremista, Antunes (1995) considera que houve, de fato, uma diminuição da classe operária industrial tradicional, principalmente nos países de capitalismo mais avançado, ao mesmo tempo em que se efetivou uma expressiva expansão do trabalho assalariado, sobretudo, com a ampliação do setor de serviços.

A substituição massiva de mão-de-obra, em certo sentido, parece ameaçar a própria existência do trabalho. Apenas os poucos capacitados para operarem as novas tecnologias e sintonizados com as novas regras da produção, garantirão presença no mercado. Pois, como já alertara Marx,

> à medida que o trabalhador é separado dos meios de produção, tem início uma marcha inexorável de desqualificação da força de trabalho – que perde a sua capacidade de intervenção subjetiva com a erradicação dos ofícios – e que se completa com a

> *subsunção* real do trabalho ao capital, ou seja, com o uso capitalista das máquinas (apud GERMANO, 1994, p.173).

O processo torna-se inteiramente objetivo através da ciência que introduz uma separação radical entre trabalho e conhecimento. O trabalho torna-se uma mera ação mecânica e a ciência se coloca fora da subjetividade de quem trabalha porque vai cada vez mais sendo pensada em outro lugar. Na era da informática digital, aliada a robótica mecatrônica, o processo vai ao extremo, conduzindo a um novo estágio de alienação em que milhões de trabalhadores, forçosamente desqualificados, já se encontram previamente excluídos do contexto da produção.

> O mais brutal resultado dessas transformações é a expansão, sem precedentes na era moderna, do desemprego estrutural, que atinge o mundo em escala global... há uma *processualidade contraditória* que, de um lado, reduz o operariado industrial e fabril; de outro, aumenta o subproletariado, o trabalho *precário* e o assalariamento do setor de serviços. Incorpora o trabalho feminino e exclui os mais jovens e os mais velhos (ANTUNES 1995, p.41/42).

Como já adiantamos, não se trata de uma exclusão acidental própria do desenvolvimento da ciência que acaba por criar, despretensiosamente, aparatos para substituir mão-de-obra. Não nos esqueçamos que o grande sonho dos industriais do século XIX – aumentar a produção e dispensar mão-de-obra – só vai se realizar plenamente no século XX, com o advento da cibernética mecatrônica.

Em tal contexto, as escolas elementares de qualificação básica perdem completamente o seu elo de ligação com o processo de produção e mesmo os níveis de excelência em qualificação acabam sobrando na concorrida disputa pelo trabalho. Cada vez mais se coloca na falta de qualificação e de escolaridade a culpa pela falta de trabalho, quando já se sabe de antemão que:

> Uma grande quantidade de seres humanos já não é mais necessária ao pequeno número que molda a economia e detém o poder. Segundo a lógica reinante, uma multidão de seres humanos encontra-se assim sem razão razoável para viver neste mundo, onde, entretanto, eles encontraram a vida (FORRESTER, 1997, p. 27).

Forrester situa-se no grupo dos que enxergam a questão do trabalho, em sua relação com o capital, de uma ótica profundamente pessimista, sem considerar as próprias contradições e flutuações inerentes a qualquer processo. Decerto que a presença massiva de novas tecnologias, além de oferecer o conforto e a facilidade de incontáveis novos produtos, também simplifica consideravelmente as ações dos trabalhadores nas linhas de produção e nos setores de serviços, transferindo para as máquinas muitas atividades fundamentais e eliminando grandes contingentes de mão-de-obra. O caso mais conhecido no Brasil é dos bancários, embora muitas outras categorias tenham experimentado problema semelhante. A esse respeito, há duas interpretações opostas. Uma, que já adiantamos aqui, defende a tese de que, na medida em que avançam os conhecimentos

e as inovações científico-tecnológicas, o trabalhador se desqualifica, principalmente porque o conhecimento é incorporado a equipamentos que passam a ser administrados por um número cada vez mais reduzido de especialistas qualificados. Uma evidência disso, segundo Schwartzman (1997), seria o crescimento da utilização de trabalhadores disciplinados e mais baratos (em geral mulheres) nas linhas de montagens de países menos desenvolvidos para a produção de produtos eletrônicos e bens de consumo de alta tecnologia.

O ponto de vista contrário acredita que a desqualificação do trabalho foi um fenômeno característico da Revolução Industrial do século XIX e início do século XX, com a conhecida massificação do trabalho mecânico e repetitivo. No contexto atual, pelo contrário, a produção exigiria maiores níveis de qualificação, liberando os trabalhadores das tarefas brutas e rotineiras (transferidas às maquinas) e tornando-os aptos a compreenderem, de maneira integral, o processo de produção. Desse ponto de vista, estaríamos assistindo a uma nova revolução industrial, que tenderia a recuperar, em um novo patamar, a tradição de competência artesanal sacrificada nas antigas linhas de montagem. Portanto, as inovações científico-tecnológicas não tenderiam a diminuir o uso de mão-de-obra desqualificada, mas eliminá-la completamente, substituindo-a por trabalho qualificado e concentrando a produção e a riqueza nos países que melhor incorporarem o conhecimento aos seus processos produtivos.

Nesta, como em qualquer outra questão, não é aconselhável assumir uma posição orientada em determinismos

científico-tecnológicos. Nesse sentido, acreditamos que as duas tendências encontram-se em disputa no universo aberto das possibilidades. Em todo caso, não se pode fugir às evidências de que, incorporado às novas tecnologias ou aos próprios trabalhadores qualificados, o conhecimento tornou-se a maior força do processo produtivo moderno e, como escreve Gorz (2005, p.29), "... os produtos da atividade social não são mais, principalmente, produtos do trabalho cristalizado, mas sim do conhecimento cristalizado". Aliás, o próprio Marx já havia prenunciado tal processo quando reconheceu que o trabalho imediato e sua quantidade não mais apareciam como o principal determinante da produção, mas apenas, como um momento que, embora indispensável, encontrava-se subalterno em relação à atividade científica geral.

Para Gorz (2005), a fonte de valor encontra-se hoje na inteligência e na imaginação e os saberes dos indivíduos contam mais que o tempo das máquinas. Por conseguinte, o trabalho material é remetido à periferia do processo, dando lugar ao trabalho "imaterial" que assume posição central no coração do processo da criação de valor. Como consequência, verifica-se uma divisão de trabalho que já está acontecendo entre as nações e regiões com alta tecnologia e o resto do mundo. As primeiras, melhores estruturadas em termos educativos e com grande contingente de mão-de-obra qualificada, assumem as tarefas mais complexas e mais lucrativas, enquanto as segundas assumem o ônus das tarefas rotineira, menos qualificadas e pouco lucrativas. Por outro lado, se o conhecimento torna-se a principal moeda de valor, o capital recorrerá ao esforço por capitalizá-lo, isto é, para privatizar as suas vias de acesso.

E, como alerta Gorz (Idem, p.31), a negação deste acesso será uma forma privilegiada de capitalização das riquezas imateriais.

Se nos primórdios da modernidade, o trabalho era considerado fator de identificação do ser humano, hoje predomina a ideia de mercado, definindo quem está dentro e quem se encontra fora da produção e do consumo. E o trabalho que, sob a égide do capitalismo industrial do século XIX já foi considerado uma exploração e um castigo, no novo contexto de crise e exclusão, passou a ser considerado uma bênção: “Feliz de quem tem um trabalho” (FORRESTER, 1997).

Os Impasses e as Crises Internas

A Termodinâmica: um primeiro arranhão no determinismo

Embora a própria consolidação do eletromagnetismo já tenha apontado um impasse no caminho da sonhada unificação das forças fundamentais e revelado a estranha incompatibilidade entre a física dos campos gravitacionais e a física dos campos eletromagnéticos, é no universo da Termodinâmica, a partir de um problema prático relativo ao rendimento das máquinas térmicas, que vamos encontrar um dos mais sérios obstáculos ao determinismo estabelecido pela mecânica newtoniana.

A primeira lei da Termodinâmica pode ser entendida como uma simples reafirmação do princípio mais geral de conservação da energia. De acordo com Nussenzveig

(1990), a formulação mais abrangente deste princípio foi apresentada em 1847 pelo físico-matemático Helmholtz.

> ... chegamos a conclusão de que a natureza como um todo possui um estoque de energia que não pode de forma alguma ser aumentado ou reduzido; e que, por conseguinte, a quantidade de energia na natureza é tão eterna e inalterável como a quantidade de matéria. Expressa desta forma, chamarei esta lei geral de Princípio da Conservação da Energia (apud NUSSENZVEIG, 1990, p.273-274).

O Princípio de Conservação da Energia passou a ser reconhecido e aplicável a todos os fenômenos até então conhecidos: mecânicos, térmicos, elétricos, magnéticos, físico-químicos, astronômicos, e biológicos. Particularizado para o campo da termodinâmica este princípio define a Primeira Lei da Termodinâmica que, de maneira simples, pode ser assim enunciada: *Em um sistema isolado a energia total permanece constante.*

De fato, em qualquer transformação, a energia se conserva e, embora parte dessa energia seja dissipada na forma de calor tornando-se inaproveitável, a energia total permanece constante. No entanto, um comportamento peculiar da natureza vai exigir mais do que a primeira lei podia oferecer como poder de explicação.

Embora a conservação da energia ocorra em qualquer transformação, as transformações sempre acontecem em um único e radical sentido: do passado para o presente e dirigindo-se ao futuro. Todos os fenômenos espontâneos e naturais são, portanto, irreversíveis.

Ao colocarmos em contato dois corpos de temperaturas diferentes, a primeira lei da Termodinâmica só nos permite concluir que o calor perdido por um dos corpos é recebido pelo outro. Porém, a realidade mostra que o calor sempre flui do corpo mais quente para o mais frio. Quando levamos uma vasilha com água ao fogo, nunca ocorre que a água, espontaneamente, ceda calor tornando-se ainda mais fria, enquanto a chama recebendo aquele calor perdido pela água torne-se ainda mais quente. Por que isso nunca acontece?

Ao abrirmos à válvula de um botijão de gás, sabemos pela experiência que o gás se expande até preencher o ambiente. O processo inverso, em que o gás retornaria espontaneamente para o interior do recipiente, não violaria a primeira lei. Por que, então, nunca verificamos tal ocorrência? Por que as peças de um quebra-cabeça não se encaixam espontaneamente depois de balançarmos a caixa, fornecendo energia ao sistema? Por que se desencaixam a qualquer movimento ou descuido? A resposta para essa e outras questões vai conduzir a necessária formulação de uma Segunda Lei da Termodinâmica.

Embora conduzindo a uma séria controvérsia filosófica, a formulação da Segunda Lei da Termodinâmica está diretamente vinculada a um problema de ordem econômica, técnica e de engenharia. A questão era: como aumentar o rendimento e a eficiência das máquinas térmicas, gerando economia de combustível e maiores lucros para produção capitalista nascente? A primeira construção teórica que responde satisfatoriamente essa questão vai ser apresentada por Nicolas Sadi Carnot, um jovem engenheiro francês de apenas 28 anos. Ao apresentar o modelo teórico de uma

máquina térmica ideal, Carnot estabelece como teorema que, "(a) Nenhuma máquina térmica que opere entre uma dada fonte quente e uma dada fonte fria pode ter rendimento superior ao de uma máquina de Carnot. (b) Todas as máquinas de Carnot que operem entre essas duas fontes terão o mesmo rendimento". O estabelecimento de um limite máximo para o rendimento das máquinas térmicas será, mais tarde, generalizado para o que hoje conhecemos como a Segunda Lei da Termodinâmica.

Apresentamos a seguir dois enunciados distintos e equivalentes para a Segunda Lei que, conforme Nussenzveig (1990, p.334-335), devemos a Kelvin e Clausius, respectivamente.

> É impossível realizar um processo cujo **único** efeito seja remover calor de um reservatório térmico e produzir uma quantidade equivalente de trabalho.
> É impossível realizar um processo cujo **único** efeito seja transferir calor de uma corpo mais frio para um corpo mais quente.

A consequência mais importante dos trabalhos de Clausius é a existência de uma nova função de estado associada a um estado de equilíbrio termodinâmico: *a entropia*.

Segundo Prigogine e Stengers (1997, p.91), em 1865, Clausius realiza a passagem característica entre tecnologia e cosmologia. Embora parecendo limitar-se as suas antigas conclusões, agora o faz numa linguagem nova, centralizada em torno do conceito de *entropia* e revelando de forma mais clara a desnecessária vinculação mecânica

entre os conceitos de conservação e reversibilidade. Uma transformação físico-química, por exemplo, pode conservar a energia sem permitir a reversibilidade. Assim, mantendo-se a ideia da conservação da energia enunciada no primeiro princípio, torna-se possível fazer variar um estado através da *entropia*.

De acordo com Prigogine & Stengers (1997, p.95), sendo S a entropia, temos $dS = d_eS + d_iS$ onde d_eS descreve o fluxo de entropia entre o sistema e o meio, e d_iS, a entropia produzida no interior do sistema, ou seja, as transformações irreversíveis mencionadas. Por definição, d_iS terá sempre valor positivo ou nulo e d_eS poderá ter valor negativo, nulo ou positivo, dependendo dos sistemas serem *isolados*, *fechados* ou *abertos*. Desta forma, em um sistema isolado o fluxo de entropia exterior é nulo, subsistindo apenas o termo de produção de entropia interna, d_iS, de modo que $dS = d_iS \geq 0$. Portanto, conclui Prigogine (Idem, p.96), "para todo o sistema isolado, o futuro é a direção na qual a entropia aumenta".

Mas, que sistema poderia ser mais bem isolado que o universo inteiro? Apoiado nesta premissa Clausius, citado por Prigogine (1996, p.25), dá aos dois princípios da Termodinâmica um enunciado cosmológico que desde então ficou famoso: "A *energia* do universo é constante. A *entropia* do universo cresce na direção de um máximo". O crescimento da entropia designa, pois, a direção do futuro, quer no nível de um sistema local, quer no nível do universo como um todo. Nesse caso, a Segunda Lei da Termodinâmica permite uma distinção muito clara entre passado e futuro, sendo este, o sentido em que a entropia aumenta.

Longe das disputas de cunho filosófico, a polêmica gerada entre energetistas e mecanicistas, no final do século XIX, era de natureza lógico-científica: como os fenômenos irreversíveis observados claramente nos estudos da termodinâmica poderiam resultar de movimentos atômicos perfeitamente reversíveis, conforme ensinava à mecânica newtoniana?

Atomista convicto, o físico austríaco Ludwig Edvard Boltzmann, responde a essa questão propondo uma interpretação da entropia em termos de movimento atômico e remetendo a questão para o campo da estatística e das probabilidades. Ao estabelecer para um mesmo estado físico dois níveis possíveis de descrição: o primeiro macroscópico e relativo a um estado em grande escala, que no caso de um gás corresponde às medidas macroscópicas da pressão, temperatura e volume e o segundo, correspondendo ao estado em pequena escala, relativo às propriedades detalhadas dos átomos que compõem o sistema; no caso de um gás, a especificação das posições e velocidades de suas moléculas, Boltzmann conseguiu construir uma teoria cinética dos gases e a partir das posições e velocidades médias das moléculas, ou seja, do estado microscópico do sistema, determinar as quantidades associadas ao estado macroscópico: pressão, temperatura e volume. Com efeito, estudando as relações entre os estados macro e microscópicos de um sistema termodinâmico, Boltzmann chegou à conclusão de que existe uma relação matemática e estatística entre a entropia de um estado macroscópico e o número de estados microscópicos a ele associados. Portanto, a Segunda Lei da Termodinâmica não teria um caráter absoluto como o princípio de conservação da energia e as leis

de Newton, mas um caráter meramente estatístico e de possibilidade. Nascia, assim, um terceiro enunciado para a Segunda Lei: "Em qualquer sistema físico a tendência natural é o crescimento da desordem; o restabelecimento da ordem só é possível mediante o dispêndio de energia". Com efeito, a entropia de um sistema tem uma probabilidade muito maior de aumentar do que de diminuir, por conseguinte, a ordem, seja ela qual for, é sempre um estado muito particular e estatisticamente pouco provável.

Mesmo estabelecendo uma racionalização matemática do problema que vence o debate com os energetistas e restabelece a crença na previsibilidade das leis físicas, não resta dúvida que o estabelecimento de aproximações e tendencialidades probabilísticas inaugura um precedente que se constitui em um claro obstáculo no caminho dos anseios determinísticos da proposta anterior.

A revolução relativista

Dois séculos depois de Newton, Ernst Mach (1838-1916) vai defender um ponto de vista sobre o movimento e o fluir do tempo que se afasta completamente da concepção newtoniana. Para Mach:

> A questão de que um movimento seja uniforme em si não tem nenhum sentido. Muito menos podemos falar de um tempo absoluto (independente de toda variação). Este tempo absoluto não pode ser medido por nenhum movimento, não tem, pois nenhum valor prático nem científico; ninguém está

> autorizado a dizer que sabe algo dele; não é senão um ocioso conceito metafísico (apud MARTINS 2007, p. 90).

Ainda de acordo com Martins (2007), ao negar a possibilidade de tempo absoluto, considerando-o um conceito puramente metafísico, Mach aproxima-se de Leibniz e de Einstein, a quem influencia diretamente. Contudo, não foi a partir do debate sobre a impossibilidade de um *tempo* absoluto que nasceu a Teoria da Relatividade, mas de uma dificuldade teórica de compatibilizar o eletromagnetismo com o princípio de relatividade da mecânica.

Conforme este princípio, as leis da física devem permanecer invariantes por uma transformação de coordenadas entre sistemas inerciais de referência, o que não acontecia com as equações de Maxwell que descreviam o eletromagnetismo.

O problema surge a partir da descoberta de Joseph John Thomson de uma partícula portadora de carga negativa (o *elétron*), o que revela a natureza discreta da corrente elétrica e exige uma eletrodinâmica para corpúsculos em movimento, isto é, uma teoria que explique o comportamento de partículas carregadas deslocando-se em campos eletromagnéticos.

Parte do problema foi solucionado por Hendrik Lorenz em 1895, quando forneceu uma fórmula que estabelecia a força que age sobre uma partícula carregada deslocando-se em um campo magnético. Contudo, uma teoria completa deveria integrar em um mesmo quadro conceitual os corpos materiais da mecânica de Newton e o éter eletromagnético,

duas entidades físicas que se comportavam diferentemente em relação ao princípio de relatividade do movimento proposto por Galileu. O quadro estava montado e o problema cobrava uma solução. Todavia, a famosa teoria que vai nascer deste problema, não pode ser entendida como uma obra da cabeça de Einstein. Neste ponto, concordamos com Martins (1994) que, embora Einstein tenha sido um dos seus principais idealizadores, a Teoria da Relatividade foi desenvolvida por diversos cientistas, cujos mais importantes são: Lorentz, Poincaré e o próprio Mach.

Quando, em 1905, Einstein (1879-1955) publica o artigo "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento", estabelece dois postulados fundamentais que inauguram a Teoria da Relatividade Especial. O primeiro afirma que as leis da física são as mesmas para quaisquer referenciais inerciais e o segundo postula que a velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores, independente de seus estados de movimento. Aparentemente simples, estes princípios são deveras revolucionários, conduzindo, como se sabe, ao conceito de espaço e tempo relativos e promovendo a unificação entre essas duas quantidades que passaram a definir uma nova entidade física: o espaço-tempo. Além disso, demonstra a inconsistência do conceito de simultaneidade que passa a depender do sistema de referência de cada observador, não havendo qualquer referencial privilegiado. Outra consequência direta dos postulados de Einstein é a conhecida unificação entre massa e energia, que estabelece a equivalência entre a massa de um corpo e a energia total que lhe corresponde. Em outras palavras, Einstein sugere que

matéria e energia são manifestações distintas de uma mesma realidade física.

No entanto, diferentemente do que muitas pessoas acreditam, a Teoria da Relatividade não foi construída para dar vazão ao relativismo e postular que, a partir de então, tudo é relativo. Muito pelo contrário, o objetivo maior de Einstein era salvaguardar as leis físicas, e o seu alcance determinístico, garantindo a sua invariância mediante as modificações dos referenciais, mesmo que para isso tivesse que sacrificar os conceitos absolutos de tempo e espaço e postular um absoluto para velocidade da luz, que se torna independente de qualquer referencial. Contudo, não se pode negar o caráter revolucionário da teoria da relatividade em relação à mecânica newtoniana; uma ruptura que, conforme Bachelard (1984), afasta-se dos principais fundamentos da teoria anterior.

Embora compatível com o eletromagnetismo, ainda restava conciliar a Teoria da Relatividade com a gravitação, generalizando a teoria para referenciais acelerados. Em 1916, Einstein apresenta a Teoria da Relatividade Generalizada e estabelece a equivalência entre campos gravitacionais e referenciais acelerados, promovendo uma geometrização definitiva do espaço-tempo que passou a ser definido por uma métrica passível de ser afetada pela presença do conteúdo material do universo.

Além de prever uma pequena dilatação do tempo em presença de campos gravitacionais, a nova teoria levou a novos modelos cosmológicos e especulações sobre uma possível origem do *tempo* associada à origem do universo. Conforme o modelo do Big Bang, ou modelo padrão, o

universo conhecido teria iniciado sua expansão cerca de 15 ou 20 bilhões de anos a partir de uma grande explosão na qual teria origem também o tempo.

> Ao que nos consta, os eventos que lhes foram anteriores (ao Big Bang) não podem ter tido qualquer conseqüência e, portanto, não devem fazer parte de um modelo científico do universo. Devemos, assim, isolá-los do modelo e considerar que o tempo começou com o Big Bang (HAWKING, 1988, p.77).

Além do reconhecido sucesso, a generalização da teoria da relatividade conduziu ainda a um estranho e indesejável paradoxo:

> A maravilhosa teoria da relatividade de Einstein, que descrevia a gravidade como uma manifestação da curvatura do espaçotempo, na verdade introduziu uma perturbadora dualidade na natureza: de um lado estava o palco – o espaço curvo, a gravidade; de outro os atores – os elétrons, os prótons e os campos eletromagnéticos – e não havia elo entre eles (Hobsbawm, 1995, p.521).

Durante os últimos quarenta anos de vida, Einstein trabalhou para conseguir formular uma teoria de campo unificado que unisse gravidade e eletromagnetismo, mas não conseguiu. Teríamos mesmo que conviver com as incômodas e permanentes contradições e incertezas? O físico dinamarquês Niels Bohr achava que sim, que a única maneira era aceitá-las como inevitáveis, pois, tendo em

vista a natureza da linguagem humana, não havia como expressar a totalidade da matéria numa descrição única. Não podia haver modelo único diretamente abrangente.

Mecânica Quântica: entre previsões e incertezas

Quase na mesma época da revolução relativista e a partir do estudo da radiação de um corpo ideal denominado corpo negro, Max Planck apresentou para a comunidade científica um resultado matemático que explicava o problema da radiação de cavidade, admitindo que a energia não era algo contínuo como se imaginava na época, mas aparecia, em pequeníssimas quantidades discretas(os *quanta*). Para explicar outro problema surgido em análises da interação da luz com a matéria, Einstein vai sugerir uma modelo corpuscular para luz e, apoiado na teoria de Planck, definir os *fótons* como pequeníssimos pacotes de luz que possuem energia e momento. Nascia à Mecânica Quântica. Uma nova e controvertida construção teórica relacionada ao universo das partículas subatômicas que, além de outras coisas, estabelecia como princípio a inevitável incerteza concernente às medidas simultâneas de posição e momento ($\Delta x.\Delta p \geq \hbar$), como também, uma relação de incerteza relativa a medidas simultâneas do tempo e da energia ($\Delta t.\Delta E \geq \hbar$) . Nesse caso, não nos é permitido observar o átomo no momento exato de um decaimento, nem determinar com certeza a sua duração sem diminuir o conhecimento da energia.

> Um elétron num estado excitado cuja probabilidade de transição espontânea seja elevada (curta duração) tem uma incerteza grande em sua energia, ou seja, ela é

> “mal definida”. Por outro lado a energia do estado fundamental é bem definida, mas um elétron pode ficar um tempo muito longo (o que corresponde a uma grande incerteza no tempo) nesse estado, até ser excitado (MARTINS, 2004, p.84).

Também nos é negado conhecer simultaneamente a posição e a quantidade de movimento de partículas elementares, o que remete novamente à questão para o terreno das probabilidades. Nesse caso, como nos lembra Maturana (2002, p.137), o sistema muda de estado quando é observado, de modo que a própria intenção do observador de antever seu curso estrutural o arranca de seu domínio de previsão. As certezas não são possíveis e o incômodo do indeterminismo se revela na célebre frase de Einstein: “Deus não joga dados”.

Embora considerando que todo o problema ainda seja resolvido dentro de uma mesma lógica matemática que, ao determinar o tamanho da incerteza e controlar as flutuações probabilísticas, fortalece a crença nas leis físicas e em sua capacidade de descrever a realidade até mesmo em seus imprevisíveis escorregões, as conclusões da Mecânica Quântica são, de fato, perturbadoras para o caráter determinístico da Mecânica Clássica, e sugerem uma clara ruptura com o paradigma que sustentava a ciência em sua versão moderna.

A crise, no entanto, continua avançando e conforme Hobsbawm (1995) atinge até os domínios da matemática. Kurt Godel, um lógico matemático austríaco, provou que um sistema de axiomas não pode se basear em si mesmo.

Se quer ser provado como consistente, é necessário empregar princípios de fora do sistema. Não se poderia pensar sequer num mundo consistente internamente. A confusão que atinge essa época é melhor traduzida nas palavras de Planck:

> Estamos vivendo um momento bastante singular da história. É um momento de crise no sentido literal desta palavra. Em cada ramo de nossa civilização espiritual e material parecemos ter chegado a um ponto de virada crítico. Esse espírito se mostra não só no estado real dos assuntos públicos, mas também na atitude geral em relação a valores fundamentais na vida pessoal e social [...] Agora o iconoclasta invadiu o templo da ciência. Dificilmente haverá um axioma científico que não seja hoje negado por alguém. E ao mesmo tempo praticamente qualquer teoria idiota quase certamente teria crentes e discípulos num lugar ou noutro (apud HOBSBAWM, 1995, p.523).

Toda essa confluência revolucionária não se limitará ao universo das ciências naturais, nem ao campo particular da Física. Em muitas outras áreas das ciências também serão constatadas importantes rupturas que prenunciam o nascimento de novos modelos paradigmáticos.

Novos rumos nas Ciências Sociais

A nova maneira determinista de tratar a natureza iniciada com a especulação ativa e modelar proposta por Galileu e generalizada por Newton possibilitou a ciência moderna um poder de explicação da realidade tão peculiar e convincente que passou a influenciar diretamente as ciências sociais. Não era difícil concluir que os mesmos métodos matemáticos e experimentais tão satisfatoriamente aplicados ao território da Física, não pudessem ser utilizados nas ciências sociais. No entanto, as primeiras tentativas foram decepcionantes e, de acordo com Bernal (1977), mesmo filósofos respeitados como Spinoza e Leibniz, não conseguiram convencer que as questões de ética e moral poderiam ser aferidas com o mesmo rigor da geometria.

Ainda no contexto do século XVII, um outro tipo de estudo se revela promissor. São as estatísticas sobre a vida que encontram o seu ponto de partida na obra *Comentário sobre as taxas de mortalidade*. Uma tentativa de Graunt (1620-1674) em aplicar critérios de medição ao campo social. De acordo com Castro (2007), as estatísticas aplicadas à Sociologia serão uma verdadeira febre no século XIX.

Em uma cultura nascente que passa a valorizar as ciências exatas quase como uma religião, não é nenhuma surpresa o surgimento de uma Sociologia influenciada por este movimento, uma espécie de Sociologia positiva[22] que

22 O positivismo é entendido aqui como uma concepção que se assenta nos seguintes pressupostos: a “realidade” enquanto dotada de exterioridade; o conhecimento como representação do real; a aversão à metafísica e ao caráter parasitário da filosofia em relação à ciência; a dualidade entre fatos

pretendia antever os acontecimentos sociais com a mesma metodologia empregada pelas ciências naturais; uma espécie de "interpretação física" aplicada ao dinamismo social. Os nomes de Bacon, Locke, Hobbes, Vico e Montesquieu são precursores desse movimento que, mais tarde, é ampliado e aprofundado para as visões que fundamentam as obras de Kant, Comte, Spencer Durkheim e todo o iluminismo dos séculos XVIII e XIX.

Coerente com a crença na plasticidade da natureza humana, Bacon (1561- 1626) sustenta a possibilidade de seu aperfeiçoamento, isto é, dadas às condições sociais, jurídicas e politicamente adequadas, à semelhança das condições iniciais utilizadas nas ciências naturais, também seria possível determinar, com perfeito rigor, o aperfeiçoamento da sociedade futura. De outro lado, uma importante contribuição para a teoria política moderna foi a publicação, em 1651, da obra "Leviatã" de autoria de Hobbes. É nessa obra que o autor apresenta uma justificação racional em favor do absolutismo, defendendo a tese de que a vida em sociedade seria inviabilizada se os homens tivessem a liberdade de agir livremente. Se em seu estado de natureza, o homem é egoísta e lobo do próprio homem, só um poder absoluto poderia garantir a estabilidade social. Na contramão deste projeto, Locke (1633-1704), como um dos principais defensores do liberalismo econômico e político, defende a tese de um Estado Civil e Político em que

---

e valores com a implicação de que o conhecimento empírico é logicamente discrepante do prosseguimento de objetos morais ou da observação de regras éticas; a noção de "unidade da ciência" nos termos da qual as ciências sociais e as ciências naturais partilham a mesma fundamentação lógica e até metodológica (SANTOS 2003,p.52)

os homens decidem estabelecer um pacto através do qual criam o Estado e a Sociedade, garantindo ao mesmo tempo a propriedade individual, a liberdade e a segurança. Além disso, Locke também é responsável por uma das primeiras tentativas de aplicar os novos métodos matemáticos ao comércio.

Montesquieu (1689-1755), em sua obra principal, "O Espírito das Leis", procura estabelecer uma relação unívoca entre as leis do sistema jurídico e as leis da natureza e pode ser considerado um precursor da sociologia do direito. Aos nomes destes importantes pioneiros da sociologia moderna, ainda devemos acrescentar a contribuição de Rousseau, com a sua teoria da virtuosidade inata do homem e a proposta de um novo contrato social.

Diferente da maioria dos iluministas, Rousseau alerta para os desastres que o progresso estava trazendo para a humanidade e reconhece que as ciências podem ser perigosas justamente pelos feitos que produzem.

Também merece destaque nesse contexto de ascensão das ciências sociais no século XVIII, os trabalhos dos enciclopedistas Diderot e Voltaire, sobretudo, pelas críticas vorazes dirigidas à Igreja que certamente contribuíram para minar a fé no já agonizante mundo medieval. Todavia, conforme afirma Bernal (1977), a todas essas correntes faltava à capacidade de reunir simultaneamente a mentalidade histórica e prática. Uma exceção seria o caso de Vico (168-1744), o primeiro a enfrentar o problema da contradição entre a liberdade e a imprevisibilidade das ações individuais e a determinação possível das ações coletivas. Vico reconhece que a literatura e as leis do passado refletem as

características do desenvolvimento social de seu tempo e a sociedade, em todo o seu comportamento, constitui uma unidade sujeita a transformações em que os movimentos da história, determinam a natureza das instituições. Mas é em Marx que Bernal vai identificar uma verdadeira ciência da sociedade. Se a tecnologia havia encontrado a solução de seus problemas através das ciências físicas e de sua capacidade de conhecer os mecanismos da natureza para poder controlá-la, o que faltava no século XIX era o aparecimento de uma *ciência da sociedade* que pudesse assegurar o controle da sociedade pelas pessoas que a compunham. "A criação desta ciência da sociedade estava destinada a ser a grande façanha de Karl Marx e Friedrich Engels" (BERNAL, 1977, p.1101).

A partir da teoria marxista, as análises sociológicas se bifurcam em dois grupos distintos e rivais: os comunistas e os liberais. Três representantes importantes da sociologia liberal do século XIX são: August Comte (1798-1857), Herbert Spencer (1820- 1903) e Émile Durkheim (1858-1917). O primeiro acreditava que a partir de um novo método baseado na *ciência positiva,* que substituísse as antigas interpretações religiosas e filosóficas, seria fácil alcançar um ordenamento perfeito da sociedade. Além de dogmática e reacionária a sociologia de Comte era uma aplicação grosseira das ciências físicas ao campo social. Spencer, como fiel defensor do capitalismo liberal, procederá a uma reformulação na sociologia de Comte lhe fornecendo novas bases, a partir de conhecimentos biológicos. Sua teoria se baseia em uma suposta lei do aumento contínuo e necessário da complexidade e diferenciação no mundo, mais do que na observação dos mecanismos

materiais que a explicam. Para Durkheim, o fundador da sociologia acadêmica, era necessário estudar os fenômenos sociais como se fossem fenômenos naturais, reduzindo os fatos sociais às suas dimensões externas, observáveis e mensuráveis. Como já referimos, uma verdadeira obsessão pela medida e pelas estatísticas, marcará as ciências sociais no século XIX.

> Para estes pensadores do iluminismo apenas na aparência a história era um amontoado de acontecimentos, ocorridos ao acaso. A verdadeira face do ser aparecia na ordem dos eventos segundo os aspectos universais e imutáveis da razão, cabendo, portanto, ao exercício metódico do conhecimento o trabalho de controle do acaso, por meio do enunciado dos princípios e leis que organizam o mundo da natureza e dos homens (DE DECCA apud SCOCUGLIA, 1997, p.121).

Apesar de a vertente mecanicista ter predominado, bem como a ideia de que as ciências sociais nasceram para ser empíricas, pensamento que prevaleceu ao longo de todo século XIX e parte do século XX, na visão de Santos (2004a), uma outra corrente marginal, hoje cada vez mais reconhecida, sempre reivindicou um estatuto epistemológico e metodológico próprio, com base na particularidade do ser humano em relação à natureza. Conforme essa visão, as ciências sociais serão sempre subjetivas, analisando os fenômenos sociais a partir das atitudes mentais e do sentido que os agentes conferem às suas práticas. Nesse caso, são necessárias metodologias e epistemologias diferentes daquelas utilizadas nas ciências naturais, métodos

qualitativos que possam conduzir a um conhecimento intersubjetivo, descritivo e compreensivo, em lugar de um conhecimento objetivo, quantitativo e explicativo.

De fato, a própria crise no contexto das ciências naturais, particularmente as novas criações no campo da física contribuiu para questionar as bases teóricas do positivismo, do evolucionismo sociológico e do marxismo. A nova realidade exigiu uma revisão dos excessos deterministas, recolocando em outros patamares a questão da subjetividade e da objetividade do conhecimento científico. Esta nova concepção de ciência social caracteriza-se numa postura antipositivista e, de acordo com Santos (2004a), assenta na tradição filosófica da fenomenologia e nela convergem diferentes variantes, a exemplo da sociologia de Max Weber e de Peter Winch.

Como na ciência clássica, a historiografia também vai construir seus principais modelos paradigmáticos no século XIX e princípios do século XX. Para Martins (2004), a evolução da historiografia aparece com o que se chama de fundamentação metódico-documental, essencial para a disciplina acadêmica contemporânea, desenvolvida pelos tratadistas do século XIX e da primeira década do século XX. Portanto, a disciplina da historiografia, no sentido moderno do termo, foi fundada, na transição do séc. XIX para o XX, mediante um primeiro corpo de regras e normas metodológicas fixado sob influência do positivismo e do historicismo. No entanto, nas décadas de 1920 e sobretudo de 1930, mudanças fundamentais ocorreram tanto na maneira de considerar as formas constitutivas da historiografia quanto em muitos outros campos da

criação intelectual. Mudanças que vão resultar em novas concepções que rejeitam a historiografia na antiga linha metódico-histórica.

Conforme Martins (2004), os três grandes núcleos da inovação historiográfica que predominaram na segunda metade do séc. XX — a historiografia marxista, a Escola dos Annales e a historiografia quantitativa — surgiram e se articularam em torno de centros de interesse bem diversos e alcançaram graus muito distintos de coesão e homogeneidade. Parte substancial dessa novidade está não apenas na multiplicidade de paradigmas, mas, especialmente, na circunstância de que os paradigmas operaram de modo praticamente simultâneo, sem constituir uma sequência de substituições.

Nos anos oitenta, constata-se uma mudança no panorama das tendências e ensaios no campo da teoria e da pesquisa social em seu conjunto, incluída a historiografia em todas as suas variações. A época das grandes propostas paradigmáticas, como as do marxismo, dos Annales e do quantitativismo estrutural, que se estendeu dos anos 1940 até os 1980, sucedeu a fase da crise dos paradigmas e da busca de novas formas de investigação e de expressão. Assim, ao se encerrar o séc. XX, a grande linha de desenvolvimento que fez da história um inegável êxito cognitivo ao longo de mais de cinquenta anos, parece ter sofrido uma forte inflexão, da qual resultou a perda de atrativo da *história-ciência* em benefício da *história-ensaio*.

Consideradas as mudanças de conceitos verificadas ao longo dessa história, o enfrentamento da questão relativa à veracidade do discurso científico resulta em uma intensa

produção acadêmica, sobretudo no campo da epistemologia e filosofia da ciência. A questão já fora inaugurada por Hume quando colocou, em xeque, o princípio da indução e, embora Kant tenha buscado vencer esta dificuldade admitindo que o princípio da indução fosse válido *a priori*, não conseguiu alcançar grande êxito em seu monumental empreendimento. O problema da verdade de enunciados universais construídos a partir de experiências singulares e o status de verdade do discurso científico continuam em evidência nos debates epistemológicos contemporâneos.

A crise epistemológica: os primeiros recuos

O falsificacionismo de Popper

Como um dos mais importantes expoentes desse debate, Karl Popper[23] contrapõe o seu *racionalismo crítico* ao positivismo[24] lógico do Círculo de Viena[25], reconhecendo o

23 Sir Karl Raimund Popper, filósofo da ciência austríaco e naturalizado britânico, nasceu em Viena a 28 de julho de 1902 e morreu em Londres, 17 de setembro de 1994. É considerado um dos mais influentes filósofos da ciência do século XX, mas também foi um filósofo social e político de estatura considerável, um grande defensor da democracia liberal capitalista.

24 O positivismo lógico caracteriza-se pela sua ênfase na unificação da ciência, pelo modelo de explicação hipotético-dedutivo e pelo papel central da linguagem matemática na construção do rigor e da universalidade do conhecimento científico (SANTOS 2003, p.52)

25 Grupo de filósofos e cientistas que se reuniam informalmente em Viena (1922 - 1936) à volta da figura de Moritz Schlick e que desenvolveu um sistema filosófico conhecido como *Positivismo lógico*. Com o assassinato de Moritz por um estudante universitário e a ascensão do partido Nazista, o círculo foi dissolvido em 1936. Participaram do Círculo de Viena: Rudol Carnap, Otto Neurath, Herbert Feigl, Philipp Frank, Fredrich Waissman, Hens Hahn.

caráter provisório do conhecimento científico e defendendo o *falsificacionismo* como único critério de verdade para uma teoria científica. Na visão popperiana, as melhores teorias são aquelas que, afirmadas com maior clareza e abrangência, melhor se expõem à crítica e à falsificabilidade. Conforme o autor, para avaliar uma teoria, o cientista deve indagar se pode ser criticada, isto é, se se expõe a críticas e, em caso afirmativo, se a elas resiste (POPPER,1982,). Na obra *A Lógica da Pesquisa Científica*, Popper apresenta sua posição de maneira contundente.

> Contudo, só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência. Essas considerações sugerem que seja tomado como critério de demarcação não a *verificabilidade, mas* a *falseabilidade* de um sistema. [...] *deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico* (2002, p.42).

Como se observa, Popper não exige que um sistema científico seja dado como definitivamente válido, em um sentido positivo do termo, mas que sua forma lógica esteja aberta à validação através de provas empíricas em um sentido negativo. Portanto, uma teoria é falsificável se, e somente se, apresentar pelo menos um elemento potencialmente falsificador, isto é, algum enunciado que permita uma contestação clara da teoria. Nesse caso, como sugere Lakatos (1999), a honestidade intelectual não consiste em abrir trincheiras ou estabelecer uma posição comprovando-a, mas em especificar, com clareza e precisão, em

que condições o indivíduo está disposto a desistir de sua posição. Conforme afirma Popper,

> ... aquilo que caracteriza o método empírico é sua maneira de expor à *falsificação* de todos os modos concebíveis, o sistema a ser submetido a prova. O seu objetivo não é o de salvar a vida de sistemas insustentáveis, mas, pelo contrário, o de selecionar o que se revele, comparativamente, o melhor, expondo-os todos a mais violenta luta pela sobrevivência (2002, p.44).

No entanto, de acordo Silveira (1996b), o racionalismo crítico ainda aponta um critério de verdade objetiva como ideia reguladora, isto é, um padrão do qual podemos ficar abaixo, como se existisse uma verdade da qual sempre é possível aproximar-se, mas sem nunca poder alcançar. O falsificacionismo de Popper será criticado por Tomas Kuhn, tanto no que se refere ao entendimento das revoluções científicas como no critério de validação da ciência.

A ciência normal e as revoluções científicas de Kuhn

A nova concepção de ciência apresentada por Thomas Kuhn[26] (2003) diferencia-se das ideias de Popper em pontos essenciais, embora mantenha a crítica ao empirismo

26 Thomas Kuhn (1922-1996) nasceu nos Estados Unidos e iniciou sua carreira universitária como físico teórico, mais tarde interessando-se pelo estudo da História e Filosofia da Ciência. Tornou-se mestre, em 1946 e doutor em 1949, pela Universidade de Harvard. Foi professor de História da Ciência na Universidade da Califórnia até 1956, e entre 1964 e 1979, ensinou em Princeton. Neste último ano, transferiu-se para o Instituto de Massachussetts, onde foi professor de Filosofia e História da Ciência até 1991.

indutivista e reconheça o caráter construtivo e processual do conhecimento científico.

Em termos gerais, a epistemologia de Kuhn propõe a existência dos chamados períodos de *ciência normal*[27] nos quais a comunidade científica "converte-se" a um determinado *paradigma* que mais tarde será confrontado e interrompido por uma *revolução científica,* seguindo-se um outro período de ciência normal, nova revolução científica, e assim por diante.

Enquanto Popper estabelece o *falsificacionismo* como o principal critério de cientificidade, para Kuhn (2003), é na existência de um paradigma capaz de sustentar uma tradição de ciência normal que se verifica a distinção entre ciência e não-ciência. É exatamente o recuo da crítica que inaugura a transição para uma ciência. Desse ponto de vista, as teorias não são falsificadas por comparações diretas com a natureza, mas por adoção de um novo paradigma revolucionário e incompatível com o anterior. Semelhante a Popper, o problema de Kuhn também está relacionado com as revoluções científicas. Porém, enquanto Popper entende a ciência como um processo permanente de críticas e revoluções, para Kuhn, as revoluções são excepcionais e extracientíficas, ou seja, em tempos de ciência normal, as críticas são temidas e exorcizadas.

> A ciência normal, atividade na qual a maioria dos cientistas emprega inevitavelmente quase todo o seu tempo, é baseada no pressuposto de que a comunidade científica sabe

27 Conforme esclarece Kuhn, "ciência normal" significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são conhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior (2003, p. 29).

> como é o mundo. Grande parte do sucesso do empreendimento deriva da disposição da comunidade para defender esse pressuposto [...] a ciência normal frequentemente suprime novidades fundamentais, porque estas subvertem necessariamente seus compromissos básicos (KUHN, 2003, p. 24).

Nesse sentido, considera falsificacionismo ingênuo acreditar que com base na simples refutação se pode desqualificar uma teoria fortemente estabelecida. Conforme a tese de Kuhn, só nos raros momentos de crise é possível à refutação e eliminação de uma teoria. Apenas quando a comunidade científica não consegue mais esquivar-se das anomalias que subvertem os fundamentos das práticas tradicionais da ciência normal, iniciam-se as investigações extraordinárias que, possivelmente, conduzirão a um novo quadro de compromissos, garantia de uma nova prática de ciência normal. São estes episódios extraordinários que Tomas Kuhn, denomina de *revoluções científicas*. É justamente durante esses períodos que irrompe uma nova e revolucionária visão de mundo, exigindo uma ruptura com a antiga situação na qual a comunidade científica estava familiarizada. A partir de então, o mundo de suas pesquisas tornar-se-á "incomensurável com o que habitava anteriormente" (KUHN, 2003, p. 148). Consequentemente, a superioridade de uma teoria sobre outra não pode ser demonstrada através de uma simples discussão, mas, conforme sugere Kuhn, apenas através de tentativas de persuasão. No entanto, mesmo essas tentativas de persuasão são problemáticas e o próprio autor reconhece o problema.

> percebem a mesma situação de maneira diversa e que, não obstante isso, utilizam o mesmo vocabulário para discuti-la, devem

> estar empregando as palavras de modo diferente. Eles falam a partir daquilo que chamei de pontos de vista incomensuráveis. Se não podem nem se comunicar como poderão persuadir um ao outro (2003, p.249)?

Em todo caso, ainda resta aos interlocutores que não se compreendem mutuamente o reconhecimento de que são membros de diferentes comunidades de linguagem, para a partir de então, tornarem-se tradutores. Esta é a solução final apresentada por Kuhn.

Contudo, admitindo-se a incomensurabilidade entre paradigmas, a natureza do argumento científico seria muito mais persuasiva que verdadeira e, na visão de Kuhn, "os tipos de fatores que se mostram eficientes em fazer com que os cientistas mudem de paradigma é uma questão a ser resolvida através da investigação psicológica e sociológica" (CHALMERS, 1993, p.133). Considerando que a Psicologia e a Sociologia não possuíam o *status* de ciência, era natural que a epistemologia kuhniana fosse acusada de promover o relativismo irracional, sobretudo porque não apresentava nenhum critério universal que oferecesse a garantia de que um dos paradigmas aproximava-se mais da verdade do que o outro. A esse respeito, Lakatos (1999, p. 10) reclama: "lamento fundamentalmente que Kuhn, depois de reconhecido o insucesso do justificacionismo e do falsificacionismo em fornecer descrições racionais do desenvolvimento científico, pareça agora inclinar-se para o irracionalismo"

Lakatos e os programas de pesquisa

É na defesa de Popper e contra o suposto relativismo kuhniano que se coloca a epistemologia de Imre Lakatos[28] e a sua “Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica”.

Grande admirador das ideias popperianas, Lakatos acredita que, na lógica da descoberta científica de Popper convergem duas posições distintas, das quais Kuhn só compreendeu uma delas: o *falsificacionismo ingênuo*. Nesse sentido, ele mesmo explicita o seu projeto de trabalho:

> ... penso que a crítica que ele lhe faz é correta e irei até mesmo reforçá-la. Mas Kuhn não compreende uma posição mais sofisticada cuja racionalidade não se baseia no falsificacionismo “ingênuo”. Tentarei explicar – e posteriormente reforçar – esta posição mais consistente de Popper que, na minha opinião, pode escapar a severidade de Kuhn, e apresenta as revoluções científicas não como conversões religiosas mas antes como progresso racional (LAKATOS, 1999,p.11).

De fato, em sua “Metodologia dos Programas de Investigação Científica”, Lakatos considera a ciência como um imenso programa de pesquisa baseado na suprema regra heurística de Popper: arquitetar conjecturas que tenham maior conteúdo empírico do que as suas predecessoras

28 Graduado em matemática, física e filososfia, Imre Lakatos nasceu na Hungria em 1922, tornando-se comunista durante a segunda guerra mundial. Depois da guerra, continua seus estudos em Budapeste sob a orientação de Geoge Lukács.

(1999 p.54). No entanto, as características dos seus programas de investigação científica são relativamente diferentes do falsificacionismo popperiano. Conforme Lakatos,

> Todos os programas de investigação científica podem ser caracterizados pelo seu "núcleo" firme. A heurística negativa do programa impede-nos de orientar o *modus tollens* para este "núcleo" firme. Em vez disso, devemos utilizar o nosso engenho para articular, ou mesmo inventar, "hipóteses auxiliares" que formem uma *cintura protetora* em torno deste núcleo e, em seguida, reorientar o *modus tollenss* para estas hipóteses (1999, p. 55).

Como se vê, os programas de investigação científica, propostos por Lakatos, apresentam um núcleo irredutível (*núcleo duro)*, protegido e menos exposto à falsificação, e um *cinturão protetor* capaz de enfrentar os frequentes ataques e anomalias, protegendo e sustentando o programa até quanto possível. Entretanto, como ocorre a superação de um programa por outro? O próprio Lakatos (Idem, p.55) responde: "Um programa de investigação é bem sucedido se tudo isso conduz a uma alteração de problemas progressiva; fracassa, se tudo isto conduz a uma alteração de problemas degenerativa". Neste caso, se houver dois programas de pesquisa rivais em confronto e um deles avança enquanto o outro degenera, a comunidade científica tende a aderir ao programa progressivo e rejeitar o outro. Grosso modo, essa é a explicação das revoluções científicas apontada por Lakatos.

Embora haja uma clara semelhança com as ideias de Kuhn, Lakatos é contrário à tese da incomensurabilidade e acredita que o problema central da filosofia da ciência seja estabelecer condições universais sob as quais uma teoria seja científica. Portanto, se como afirmam os partidários do relativismo, não houver um critério superior para avaliar uma teoria, que não o consenso entre a comunidade científica, a mudança na ciência tornar-se-á uma mera questão de psicologia social e de poder. De acordo com Lakatos, o objetivo da ciência é a verdade, e a metodologia dos programas de pesquisa científica, apoiada em um possível julgamento da história da ciência, oferece a maneira mais adequada de avaliarmos em que medida nos aproximamos dela (CHALMERS, 1993).

De fato, conforme reconhece Feyerabend (2007), depois de Kuhn, Lakatos foi um dos poucos pensadores que, para além do debate inoperante entre os neopositivistas do círculo de Viena e o racionalismo crítico, enfrentou, com maior perspicácia, o problema da discrepância entre ciência e racionalidade, tentando eliminá-la por intermédio de uma complexa e interessante teoria da racionalidade. Contudo, conclui o autor, não logrou êxito em seu projeto.

Feyerabend e o anarquismo epistemológico

Se o fato de reconhecer a natureza construtiva da ciência e o seu caráter aproximativo em relação à verdade colocou os nomes de Kuhn, Popper e Lakatos como inimigos da ciência,

certamente o nome de Feyerabend[29] seria acrescentado a esta lista como o pior de todos eles. Amigo íntimo de Lakatos, Feyerabend trilha por caminhos diferentes e compartilha ideias estranhas às do companheiro. É a partir desta divergência intelectual que, seguindo uma sugestão e cobrança de Lakatos, surge à obra *Contra o Método* e, conforme reconhece o próprio Feyerabend ao escrever o prefácio à primeira edição, deveria ter sido publicada em conjunto com uma réplica produzida pelo amigo. Com a morte de Lakatos, em 1974, o texto foi publicado sem a esperada refutação. "Publiquei, sem sua réplica, minha parte de nosso empreendimento comum" (FEYERABEND, 2007, p.7).

Em sua investida contra o método, Feyerabend, com o seu reconhecido anarquismo metodológico, defende a tese de que o conhecimento não é uma gradativa aproximação da verdade, mas antes um oceano de alternativas mutuamente incompatíveis e em muitos casos, incomensuráveis. As questões centrais que orientam suas teses são postas da seguinte maneira:

> É *possível* assim criar uma tradição que é mantida coesa por regras estritas, e até certo ponto, que também é bem-sucedida. Mas será que é *desejável* dar apoio a tal tradição a ponto de excluir tudo mais? Devemos ceder-lhe os direitos exclusivos de negociar com o conhecimento, de modo que qualquer resultado obtido por outros métodos

29 Paul Karl Feyerabend (1924-1994) é austríaco, Dr. em Física pela Universidade de Viena, cientista e filósofo da ciência com especialidade em teatro e doutor honoris causa em Letras e Humanidades. Foi assistente de Berthold Brechet. Defende a tese do pluralismo metodológico.

> seja imediatamente rejeitado? E será que os cientistas invariavelmente permaneceram nos limites das tradições que definiram dessa maneira estreita (2007, p.34)?

Naturalmente, as respostas para todas estas indagações são negações que constituem a essência da tese de Feyerabend. Para o autor, "cada teoria, cada conto de fadas e cada mito que faz parte da coleção, força os outros a uma articulação maior, todos contribuindo, mediante este processo de competição para o desenvolvimento de nossa consciência" (Idem, p.46).

Mas se não é tarefa da ciência a busca gradativa da verdade, então, qual será mesmo o seu objetivo? De acordo com Feyerabend (Idem, p.47), "é tornar forte a posição fraca, como diziam os sofistas, e, desse modo, sustentar o movimento do todo". Nesse sentido, a sua crítica abrange tanto o *racionalismo* em sua versão original como o *racionalismo crítico* de Popper e Lakatos. Por outro lado, aproxima-se de Kuhn no que se refere à incomensurabilidade dos paradigmas contrários e, embora admita certa possibilidade de comparação entre estes, assevera que esta só pode ser feita com base em argumentos subjetivos. Nesse caso, o que permanece, depois de removidas as possibilidades de comparações lógicas entre teorias, são julgamentos estéticos, preconceitos metafísicos, desejos religiosos, enfim, o que permanece de fato, são argumentos de natureza subjetiva.

Além de reconhecer o caráter subjetivo que envolve as verdades do discurso da ciência, Feyerabend também enfrenta a questão da comparação do conhecimento científico com outras formas de conhecimento, radicalizando

pontos de vista controvertidos e revolucionários. Para ele, a ciência é uma ideologia e como tal não deve pretender-se superior aos mitos, à teologia, à metafísica e outras formas de cosmovisão. Nesses termos, um Estado laico e democrático não pode adotar uma *racionalidade científica*.

> Em uma sociedade democrática, instituições, programas de pesquisa e sugestões têm, portanto, de estar sujeitos ao controle público; é preciso que haja uma separação entre Estado e ciência da mesma forma que há uma separação entre Estado e instituições religiosas, e a ciência deveria ser ensinada como uma concepção entre muitas e não como o único caminho para a verdade e a realidade (FEYERABEND, 2007, p.8-9).

Essa é uma afirmação que aparece repetidamente em vários momentos da tese de Feyerabend. Com efeito, se a ciência possui uma ideologia própria, caberia impô-la apenas aos seus adeptos mais interessados, e não a todos os cidadãos. Deveríamos ensiná-la, mas somente àqueles que decidiram aderir a essa particular superstição (REGNER 1996, p. 224). Numa concepção feyerabendiana, a tentativa de fazer crescer a liberdade e de levar uma vida plena e gratificante e a correspondente tentativa de conhecer os segredos da natureza e do homem, exige, portanto, a rejeição de todos os padrões universais e de todas as tradições rígidas, conduzindo, naturalmente, a rejeição de grande parte da ciência contemporânea.

Bachelard e a filosofia do não

Embora siga um caminho original e distinto, particularmente influenciado pela revolução científica do final do século XIX e início do século XX (Teoria da Relatividade e Mecânica Quântica), um outro nome importante do pensamento revolucionário sobre a natureza da *ciência* é o nome de Gaston Bachelard[30]. Para ele:

> O empirismo e o racionalismo estão ligados, no pensamento científico, por um estranho laço, tão forte como o que une o prazer à dor. Com efeito, um deles triunfa dando razão ao outro: o empirismo precisa ser compreendido; o racionalismo precisa ser aplicado (BACHELARD, 1984, p.4).

Em outros momentos, Bachelard reafirma esta posição, caracterizando o seu pensamento como *idealista militante* e *racionalista engajado*. Com o seu racionalismo adjetivado, defende a necessidade de uma nova razão, livre e semelhante àquela que o surrealismo instaurou na criação artística. Poderíamos afirmar que o traço principal de sua filosofia é o reconhecimento da natureza histórica da epistemologia e da relatividade do objeto de conhecimento. De

30 Gaston Bachelard nasceu em 1884 em Champagne, interior da França, e morreu em Paris em 1962. Foi professor secundário de Física e Química, membro da Academia de Ciências Morais e Políticas da França, laureado com o Prêmio Nacional de Letras e autor de várias obras filosóficas, além de renomado professor da Sorbone. Suas primeiras teses: Ensaios sobre o conhecimento aproximado e Estudo sobre a evolução de um problema de Física: a propagação térmica dos sólidos são teses de 1928 (BACHELARD, 1984).

modo que, a ciência relativista, ao colocar o objeto como relação, impõe um rompimento epistemológico com o empirismo ingênuo.

Em sua “A Filosofia do Não”, Bachelard (1984) defende a tese de que não existe uma evolução contínua das ideias científicas, mas um processo permanente de *rupturas epistemológicas*, de modo que um conhecimento se impõe negando o anterior, começando pela negação do conhecimento de senso comum, primeiro obstáculo epistemológico ao desenvolvimento científico, e prosseguindo com as negativas no interior da própria ciência. Nesse sentido, combate a ideia de que entre a ciência e o senso comum existe apenas uma diferença de profundidade. Esta concepção refutada por Bachelard encontra apoio em alguns filósofos, como Alves (1985), para quem a ciência é apenas uma hipertrofia de capacidades que todos têm, uma especialização de certos órgãos e um refinamento disciplinado do senso comum.

Segundo Bachelard, conhecemos sempre contra um conhecimento anterior, por isso não existem verdades primeiras, apenas os primeiros erros. Como filósofo da desilusão, acredita que somos o limite das nossas ilusões perdidas e que a ciência é um discurso verdadeiro sobre fundo de erro; é um processo de produção da verdade, é o trabalho dos cientistas no processo de reorganização da experiência em um esquema racional, de modo que, a verdade da ciência de hoje, não é a verdade da ciência de sempre. (BACHELARD, 1996, 1984).

Como vimos, os impasses no interior do próprio discurso da ciência, bem como os fracassos pragmáticos de muitos de seus projetos acabaram por revelar que o ideário

de promessas da modernidade e os fundamentos básicos de sua ciência, não conduziram aos propósitos idealizados e, nem de longe, cumpriram as utopias do sonho iluminista em sua nascente. Nesse contexto, além das questões e impasses internos ao próprio universo das ciências naturais, revelados nas próprias controvérsias epistemológicas sucintamente discutidas na seção anterior, outras críticas foram sendo forjadas a partir da constatação de um inegável fracasso de algumas das mais vislumbrantes promessas apoiadas no vitorioso projeto da ciência moderna. Uma crítica que, sustentada em bases sociológicas e filosóficas, também não poderia deixar de ter lugar em nosso percurso.

Outros olhares críticos sobre a ciência

Gramsci e a tradição marxista

Problematizado pela realidade de sua época, Gramsci[31] foi um exemplo de revolucionário marxista que não ficou preso às teorias passadas, mas, aprofundando a análise da

31 Antônio Gramsci nasceu na Itália, em 22 de janeiro de 1891, e aos 20 anos de idade emigrou de sua cidade natal na Ilha da Sardenha. Já em 1912, filia-se ao Partido Socialista Italiano e, em primeiro de maio de 1919, funda o semanário "ORDINE NOUVO". Seguindo sua trajetória de intelectual engajado, em janeiro de 1921, Gramsci e seus companheiros da redação do ORDINE NUOVO estão entre os principais fundadores do Partido Comunista Italiano. Em 1924, é eleito deputado ao Parlamento Nacional italiano e no mesmo ano ataca duramente o primeiro ministro Benito Mussolini. Detido, é julgado e condenado a 20 anos, quatro meses e cinco dias de prisão. Em 1929, a partir de uma realidade de prisioneiro político, começa a escrever as suas reflexões sobre vários temas. Escritos que foram reunidos na sua obra principal, conhecida como "Cadernos do Cárcere". Acometido de sérios problemas de saúde, em 1937, morre numa clínica vítima de um derrame cerebral (MAESTRI, 2007).

obra de Marx e de várias correntes marxistas, acabou construindo uma visão particularmente original de temas que, há muito, eram tratados de forma dogmática e reducionista. Nesse sentido, a crítica gramsciana é fundamentada em um contexto onde se verifica uma forte influência do pensamento científico-natural no âmbito da teoria marxista. É contra este movimento que o marxista italiano contrapõe o seu pensamento de uma práxis centrada na história.

De fato, o projeto marxista não escapou à forte influência determinista disseminada a partir da vitoriosa consolidação das ciências naturais modernas. E, buscando legitimar-se enquanto discurso científico, tentou construir uma compreensão da realidade a partir de algumas premissas básicas, de natureza universal e determinista, estabelecendo, como tais, as relações econômicas e a luta de classes como a energia impulsionadora da história. Evidentemente, como escreve Engels, deve haver uma identidade entre as leis que regem a natureza e as leis que dão racionalidade à história.

> (...) na natureza, impõem-se, na confusão das mutações sem número, as mesmas leis dialéticas do movimento que, também na história presidem a trama aparentemente fortuita dos acontecimentos; as mesmas leis que, formando igualmente o fio que acompanha, do começo até o fim, a história da evolução realizada pelo pensamento humano, alcançam pouco a pouco a consciência do homem pensante... (apud GUIMARÃES, 1998, p.80).

Portanto, assim como a consolidação da ciência moderna destrói definitivamente a antiga filosofia da natureza, embora, ironicamente a principal obra de Newton (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural) ainda carregue esse nome, o marxismo, pelo menos como pensava Engels, também vai aniquilar com a ideia de uma filosofia da história.

Certamente influenciado pelas leis do movimento de Newton, Engels, que dedicará oito anos de sua vida ao estudo da matemática e das ciências naturais, procura estabelecer as três leis fundamentais da dialética: 1. a lei da contradição, 2. a transformação da quantidade em qualidade, 3. e a lei da negação. A partir de então, o marxismo passou a ser compreendido de uma maneira dual: o materialismo histórico como a ciência da sociedade e da natureza e o materialismo dialético como estudo das leis do conhecimento. (GUIMARÃES, 1998, p.81).

Por outro lado, na apressada intenção de imprimir uma legitimidade científica ao marxismo, Engels inaugura um problemático monismo materialista que, alicerçado em uma concepção metafísica de matéria, vai alimentar uma compreensão dualista da realidade em termos de idealismo X materialismo.

A resposta para essa questão, apresentada pelo materialismo histórico engeliano, é apresentada (desvelada ou exposta) por Trivinõs nos seguintes termos:

> O *materialismo dialético* apóia-se na ciência para configurar sua concepção do mundo. Resumidamente, podemos dizer que o materialismo dialético reconhece como essência

> do mundo a matéria que, de acordo com as leis do movimento, se transforma, que a matéria é anterior á consciência e que a realidade objetiva e suas leis são cognoscíveis (1987, p.23).

Com semelhante compreensão fortalece-se uma concepção determinista da realidade, assumindo-se o conhecimento como simples reflexo da natureza na mente do homem e a ideia de que o materialismo dialético seria uma simples inversão do idealismo Hegeliano. Esse caminho conduz a uma visão linear da história e, por conseguinte, a uma forma mais radical de determinismo.

De fato, a partir de uma concepção reduzida da práxis, Engels prossegue a uma redução do próprio conceito de liberdade e avança para uma forma mais brutal de determinismo.

> "Foi Hegel", afirma Engels, "o primeiro que soube expor de um modo exato as relações entre a liberdade e a necessidade. Para ele, a liberdade não é outra coisa senão a convicção da necessidade". "A necessidade somente é cega enquanto não compreendida" (apud GUIMARÃES, 1998, p.83).

Levado às últimas consequências, este pensamento depõe explicitamente contra a intencionalidade humana, reduzindo a liberdade e a possibilidade criativa aos limites de uma estranha compreensão fatalista imposta pelos condicionantes de uma realidade que, em última análise, independe da vontade livre dos indivíduos. Tanto

mais livre quem melhor compreender os limites de sua liberdade. Nesse ponto de vista, ser livre é reconhecer a necessidade como explicação última das ações humanas. Não agimos impulsionados por uma intencionalidade livre, mas por necessidade de responder aos condicionantes determinísticos de uma realidade muito maior e mais complexa que o desejo humano. A esse respeito, Einstein assume uma posição deliberadamente determinista. Para ele, "um ser dotado de uma percepção superior e de uma inteligência mais perfeita, ao olhar o homem e suas obras, sorriria da ilusão que esse homem tem de agir segundo a sua própria vontade livre". (apud PRIGOGINE 1996, p.20)

Não somente por ter sido o principal companheiro e amigo de Marx, mas principalmente pela sistematização e qualidade teórica de sua obra, Engels vai influenciar decisivamente o surgimento de várias das mais importantes correntes deterministas no interior da cultura marxista, sobretudo no que diz respeito à anterioridade da matéria e determinação do econômico sobre os demais fatores que intervêm no jogo de construção da história.

Um exemplo notável encontra-se na obra do marxista Karl Kautski que, de acordo com Guimarães (1998, p.88), sofre influência da obra Anti-Duhring publicada por Engels e da própria convivência com o autor durante o período de formação em Londres.

Assim como Engels, Kautski constrói uma interpretação do marxismo que, alicerçada na ciência moderna, mas a partir de uma visão evolucionista de inspiração darwi-

niana[32], vai inaugurar uma nova concepção determinista da história, afirmando a inexorável vitória do projeto socialista como consequência de uma necessidade natural nascida no próprio seio das contradições capitalistas. A partir desta convicção, Kautski propõe uma estratégia basicamente parlamentar de acesso ao poder, no chamado "método pacífico da luta de classes democrático-proletária" que, de acordo com Guimarães, aproxima-se bastante de uma visão fatalista.

> Sabemos que nossos objetivos só podem ser alcançados mediante uma revolução, mas sabemos também, que está tão pouco em nossas mãos fazer esta revolução como nas mãos de nossos adversários impedi-la. (apud GUIMARÃES, 1998, p.89).

Decerto, esta forma de interpretação parece entrar em contradição com o forte apelo à organização e necessária intervenção revolucionária do proletariado, claramente declarada naquela que se notabilizou como a mais conhecida frase cunhada a partir do Manifesto do Partido Comunista: "Proletários de Todos os Países uni-vos".

O problema da vontade livre dos homens é recorrente no ensaio "O papel do indivíduo na história", publicado em 1898 por George Plekhanov. Mais fiel do que Engels ao poder de explicação da ciência objetiva e crítico das aproximações biológico-darwinistas de Kautski, Plekhanov opõe

32 Marx e Engels teriam negligenciado o papel dos fatores naturais na história, sendo necessário "alargar o campo do materialismo histórico até a sua fusão total com a Biologia" (Guimarães, 1998, p.94).

radicalmente à noção de livre arbítrio à ideia da necessidade, para ele suficiente para uma explicação científica da realidade:

> A atividade livre exclui a ideia mesmo de necessidade, em outros termos, a lei natural, enquanto que a lei natural constitui o fundamento indispensável a toda explicação científica. A noção de liberdade apagava a noção de necessidade, freando assim o progresso da ciência (apud GUIMARÃES, 1998 p. 97).

Curiosamente, essa é uma citação bastante próxima àquela feita pelo famoso astro-físico inglês Stephen Hawking (1988, p.32): "Portanto, caso se acredite, que o universo não é arbitrário, mas sim governado por leis definidas [...]. E se de fato há uma teoria completa e unificada, ela provavelmente determinará também as nossas ações".

Com efeito, se de um lado, as concepções fatalistas interditam o espaço das ações intencionais dos indivíduos, de outro, as concepções subjetivas colocam no homem a explicação última da realidade. A esse respeito Plekhanov apresenta uma posição claramente unilateral, em que a vontade do indivíduo é considerada um fator de mudança social apenas quando e onde permitam as relações sociais.

> Se, por exemplo, a queda acidental de um tijolo tivesse matado Robespierre em janeiro de 1793, "o seu lugar teria sido ocupado por qualquer outra pessoa, e embora esta pessoa lhe pudesse ter sido inferior em todos os aspectos, os eventos teriam, todavia, tomado o mesmo curso que tomaram em vida de Robespierre" (apud GUIMARÃES, 1998, p.97).

Assim como Engels e Plekhanov, Lênin assume uma posição dualista espírito/matéria que resulta em uma visão do conhecimento como puro reflexo da realidade social e a existência do objeto em si, independentemente do conhecimento sobre ele.

> O materialismo admite de uma maneira geral que o ser real objetivo (a matéria) é independente da consciência social da humanidade. A consciência é só aqui e ali, o reflexo do ser, no melhor dos casos um reflexo aproximadamente exato (adequado, de uma previsão ideal). (LÊNIN, apud GUIMARÃES, 1998, p.126).

Com efeito, esta é uma afirmação que se repete; uma postura filosófica que vai sendo incorporada pela maioria das correntes marxistas posteriores. De fato, como analisa Guimarães (1998), ao tratar a questão epistemológica da relação entre o ser e o pensar, Engels enfrenta o problema respondendo a pergunta com uma afirmação de natureza ontológica e, apoiado em uma visão metafísica do conceito de matéria, estabeleceu a primazia da natureza (da matéria) em relação ao espírito.

No caso de Stalin, a principal característica de sua obra é a extrema naturalização do método marxista. Enquanto Engels (1978) procurou demonstrar que o método marxista utilizado em "O Capital", poderia ser aplicado ao estudo da natureza, Stalin segue um caminho inverso, aplicando aos fenômenos sociais às leis derivadas da Física, Química e, principalmente, da teoria da evolução de Darwin.

O extremismo dogmático do materialismo histórico-dialético cunhado, a partir de um conceito mecanicista e metafísico de matéria, vai acabar se opondo aos novos conceitos surgidos a partir da mecânica relativista e da mecânica quântica. De fato, como acrescenta Guimarães (1998), até meados dos anos cinquenta, alguns setores do comando oficial soviético não aceitavam as teorias de Einstein e resistiam à formulação da mecânica quântica. As duas teorias, conforme alguns teóricos da época apontavam para um conceito vago de matéria, o que era incompatível com as definições de Engels e Lênin. Em tal contexto, o pensamento gramsciano será fundamental para avançar em uma visão do marxismo que escapa a essas "armadilhas".

A crítica elaborada por Gramsci consegue minar todo o edifício determinista construído a partir de lacunas presentes na obra de Marx e das posteriores interpretações de Engels e alguns seguidores de seu pensamento. E a faz, enfrentando ponto a ponto os principais equívocos que, segundo ele, teriam conduzido a uma pesada derrota do projeto socialista. O primeiro desses equívocos, que também será apontado pelos teóricos da escola de Frankfurt, teria sido cometido por Engels a partir de uma apressada assimilação do método marxista aos fundamentos determinísticos da ciência moderna.

Ao seguir um caminho frontalmente oposto àquele apontado por Engels, Gramsci critica a pretensa e equivocada ideia de aprisionar o marxismo em uma concepção cientificista e naturalista da história. A esse respeito, argumenta:

> Chamou-se "científico" todo método que fosse semelhante ao método de pesquisa e de análise naturais, tornada a ciência por

> excelência, a ciência-fetiche. Não existe ciência por excelência e não existe um método por excelência, "um método em si". Cada pesquisa científica cria isto sim um método adequado, uma lógica própria, cuja generalidade e universalidade consiste em ser apenas "conforme ao seu fim" (apud GUIMARÃES, 1998, p. 147)

É interessante observar como Gramsci se dá conta de que o método empregado pelas ciências naturais não pode assumir o *status* de um método em si, caminho único de apreensão da realidade que definiria uma espécie de "ciência por excelência"; entidade neutra que paira livre e soberana sobre os indesejados conflitos sociais. Para o marxista italiano, como prima-irmã da nascente sociedade capitalista, a ciência moderna tornava-se elitista, excludente e burocratizada, devendo estar sujeita à mesma vigilância crítica produzida a partir de uma filosofia da práxis.

> ... por a ciência na base da vida, fazer da ciência a concepção de mundo por excelência, aquela que afasta os olhos de qualquer ilusão ideológica que põe o homem diante da realidade como ela é, significa recair no conceito que a filosofia da práxis tem necessidade de uma sustentação filosófica de fora de si mesma. Mas, na realidade, mesmo a ciência é uma superestrutura, uma ideologia (apud GUIMARÃES, 1998, p. 148).

Enquanto Engels, particularmente influenciado pelos resultados da física newtoniana, procura fundamentar o materialismo histórico nas bases deterministas da ciência

moderna, Gramsci segue um caminho inverso que não pretende pôr a ciência na base da vida e como a concepção do mundo por excelência. De acordo com o marxista italiano, não se deve admitir que a *filosofia da práxis* busque sustentação filosófica fora de si mesma e, nesses termos, constrói a sua crítica a ciência moderna, por ele considerada como um dos mais importantes componentes ideológicos da *superestrutura*[33].

Todavia, como lembra Guimarães (1998), o método gramsciano permite enfrentar o debate de fronteira ciência contemporânea/capitalismo, fugindo ao viés anticientificista que prevaleceu entre os teóricos da Escola de Frankfurt.

No segundo golpe desfechado contra o determinismo, Gramsci enfrenta o problema da prioridade da *matéria* sobre o *espírito,* do *ser* sobre o *pensar*, introduzido por Engels e seguido pelas principais correntes marxistas da época.

É a partir de uma interpretação reducionista de uma pretensa inversão da dialética hegeliana atribuída a Marx que várias correntes marxistas passam a considerar a matéria como o princípio primeiro, como essência do mundo e o espírito, a ideia, um aspecto secundário e *determinado* por aquela essência primeira (a matéria). De um espírito absoluto que se autodefine, passou-se a uma matéria absoluta

33 Diferentemente de uma concepção econômico-determinista que pretendia explicar toda a complexidade do tecido social - desde a política, até as artes e a religião – a partir de determinantes econômicos, Gramsci reconhece o poder real das superestruturas e, novamente orientado pela ideia da **imanência**, aponta para uma “equilibrada” articulação dialética do tipo ESTRUTURA ECONÔMICA <—> SUPERESTRUTURAS POLÍTICO-IDEOLÓGICAS, eliminando assim qualquer determinação de caráter mecanicista.

e autoexplicativa; de um idealismo absoluto a um materialismo também absoluto e dogmático.

A crítica gramsciana pretende recuperar o caráter unitário da filosofia da práxis e para tal, introduz o conceito de *imanência* que já havia sido concebido na antiga filosofia de Hegel. Com esse propósito, lembra que:

> Hegel é assim o verdadeiro instaurador do imanentismo: na doutrina da identidade do racional e do real é consagrado o conceito de valor unitário do mundo no seu desenvolvimento concreto, como na crítica do abstrato *sollen* exprime-se tipicamente a antítese a cada negação daquela unidade e a cada hipostasiamento do ideal em uma esfera transcendental em relação àquela da sua relação efetiva. E deste ponto de vista, o valor da realidade identifica-se absolutamente com aquele da sua história: na imanência hegeliana está, assim, a fundação capital de todo historicismo moderno (apud GUIMARÃES, 1998, p. 153).

Além disso, Gramsci reconhece na filosofia de Hegel a mais importante motivação filosófica de Marx e redireciona a discussão nos termos da relação entre Hegel e Marx, opondo *imanência especulativa* à *imanência historicista*. Nesse sentido, Guimarães (1998) nos lembra que Gramsci está totalmente consciente da importância desta polêmica e investe propositalmente contra a ortodoxia da terceira internacional que interpretava esta relação em termos da oposição *materialismo/idealismo*.

Com efeito, para o materialismo vulgar, a simples constatação de que a existência do universo antecede ao surgimento da espécie humana seria um argumento inquestionável de que a matéria é anterior ao espírito e, portanto, de essência e *status* superior. Para Gramsci, "isto só é reconhecido como verdade hoje em função de descobertas científicas universalmente aceitas; antes, quando dominava uma concepção teológica da criação do universo, a verdade tida como objetiva era outra. A objetividade do mundo não prova a prioridade da *matéria* em relação ao *espírito* porque ela própria é construída pela subjetividade humano-social" (apud GUIMARÃES, 1998, p. 155).

É na história que a filosofia da práxis estabelece o seu conceito de verdade. De acordo com Gramsci (apud Guimarães 1998, p. 155), "Para o materialismo histórico, não se pode destacar o pensar do ser, o homem da natureza, a atividade (história) da matéria, o sujeito do objeto: se faz esta separação, cai-se na tagarelice, na abstração sem sentido". Em outro momento, ao reconhecer a importância do pensamento de Hegel, acrescenta:

> ... esqueceu-se, em uma expressão muito comum, que dever-se-ia colocar a ênfase sobre o segundo termo "histórico" e não sobre o primeiro, de origem metafísica: filosofia da práxis é o "historicismo" absoluto, a mundanização e terrenalidade absoluta do pensamento, um humanismo absoluto na história. Nesta linha é que terá de escavar o filão da nova concepção de mundo (apud GUIMARÃES, 1998, p.154-155).

Ao contrapor ao dualismo materialista uma visão unitária e praxiológica centrada na história, Gramsci fere mortalmente o marxismo de cunho determinista e reconduz o tema da liberdade ao centro do debate. No entanto, a eliminação de uma equação determinística, no conjunto do projeto gramsciano, não coloca a *filosofia da práxis* em uma posição de irracionalismo e completa ausência de projeção histórica. Gramsci estava claramente consciente desse fato quando escreve:

> Se os fatos sociais são imprevisíveis e o próprio conceito de previsão é um puro som, o irracional não pode deixar de dominar, e toda organização do homem é anti-história, é um "preconceito"; não resta mais que resolver caso a caso e com critérios imediatos, os problemas postos pelo desenvolvimento histórico (...) e o oportunismo é a única linha possível (apud GUIMARÃES, 1998, P.157).

Gramsci mostrava-se consciente da necessária e inevitável ordenação dos fatos históricos, sem a qual estaria eliminada qualquer forma de planejamento e intervenção de alcance geral, restando apenas as intervenções locais orientadas por critérios particulares e perigosamente fadadas ao oportunismo. Enfrenta este impasse apoiado na ideia de "tendencialidades" históricas que, em certo sentido, aproxima-se do conceito de probabilidades introduzido à contra gosto nos domínios da Mecânica Quântica.

> ... determinadas forças decisivas e permanentes aparecem historicamente, forças em cuja ação, se apresenta um certo automatismo que

> permite uma certa margem de previsibilidade e de certeza para o futuro daquelas iniciativas individuais que reagem a estas forças, após tê-las inferido e compreendido cientificamente (apud GUIMARÃES, 1998, p. 156).

Muito menos confiante no determinismo histórico, Gramsci não se entrega completamente aos encantos das ciências naturais e faz uma crítica consistente ao marxismo dogmático, reconhecendo, sobretudo, o caráter ideológico que envolve a própria ciência, vista pelo autor como parte da cultura e como um componente a mais da superestrutura.

Outro movimento de reflexão em torno da ciência que não poderia deixar de ser mencionado aqui é a importante e bem fundamentada crítica elaborada pelos teóricos ligados à Escola de Frankfurt[34].

Fundada no mesmo ano em que Gramsci foi preso pela ditadura de Mussolini e enfrentando um contexto semelhante – a ascensão do nazismo na Alemanha e do stalinismo na antiga União Soviética, além dos horrores da segunda guerra mundial – a Escola produziu, através de seus autores, um projeto comum de crítica aos regimes

34 Fundada, em 1924, por iniciativa de Félix Weil, a Escola de Frankfurt, anteriormente conhecida como Instituto para Pesquisa Social, reúne autores com origens intelectuais e influências teóricas distintas em torno de um projeto comum de crítica aos regimes totalitários e a um tipo de racionalidade científica que, conforme aqueles teóricos, conduzia a uma razão instrumental e absoluta. Contra as teorias tradicionais, sugeriram o que ficou conhecido como *Teoria Crítica*. Sob a influência das análises de Marx e de sua crítica à economia política burguesa, reuniram-se em torno da liderança de Max Horkeheimer, Theodor W. Adorno, Herbert Marcuse, Walter Benjamin, Leo Lowenthal, Franz Neumann, Erich Fromm, Otto Kirchkeimer, entre outros. Um dos teóricos da última geração da Escola de Frankfurt (ainda vivo) é o teórico da ação comunicativa, Jurgen Habermas (MATOS, 1993).

totalitários e a um tipo de racionalidade científica que teria conduzido a uma razão instrumental e absoluta.

Nas seções que seguem, resgatamos algumas dessas críticas, particularmente aquelas elaboradas por quatro dos mais eminentes intelectuais ligados àquele movimento intelectual e político: Max Horkheimer, Theodor Adorno, Herbert Marcuse e Jürgen Habermas.

Horkheimer e Adorno

É no clássico "Dialética do Esclarecimento" que os autores Adorno e Horkheimer (1985) expõem uma contundente crítica aos fundamentos e consequentes resultados da ciência em sua versão moderna. A crítica é dirigida a uma espécie de mitologização do esclarecimento sob a égide de uma ciência positiva que, no processo de dominação da natureza, resulta paradoxalmente numa mais completa naturalização do homem completamente civilizado e administrado. Conforme os próprios autores, o primeiro capítulo dedicado ao *conceito de esclarecimento* é, na verdade, o fundamento teórico dos capítulos seguintes e procura tornar mais inteligível o entrelaçamento da racionalidade com a realidade social, bem como o entrelaçamento inseparável entre racionalidade da natureza e dominação da natureza.

De acordo com Adorno e Horkheimer, enquanto se imagina que a ciência nos ajuda a vencer o terror do desconhecimento da natureza, somos, de fato, submetidos às novas pressões sociais que a própria ciência nos impõe.

Mas a naturalização dos homens não é dissociada do progresso social.

> O aumento da produtividade econômica, que por um lado produz as condições para um mundo mais justo, confere por outro lado ao aparelho técnico e aos grupos sociais que o controlam uma superioridade imensa sobre o resto da população. O indivíduo se vê completamente anulado em face dos poderes econômicos [...]. Desaparecendo diante do aparelho a que serve, o indivíduo se vê, ao mesmo tempo, melhor do que nunca provido por ele (1985, p.14).

Nesse caso, quanto mais servido pelo sistema, mais o indivíduo terá que abrir mão de sua liberdade e, quando convidado a agir independentemente, recorre ao socorro dos modelos, sistemas e autoridades. De fato, a ciência em sua concretude tecnológica, tornou-se tão ou mais misteriosa que a natureza a qual pretendia desmistificar. E os homens, independentes dos desígnios da natureza, são agora dependentes dos mistérios de uma cultura disponível e ao mesmo tempo estranha. Nesse caso, se interessa de fato, emancipar o homem do medo e da dor, a denúncia do que hoje se chama de razão e ciência é o melhor serviço que a razão pode prestar. É, portanto, no caminho de esclarecer o esclarecimento e usar a razão para refletir sobre os perigos de uma razão unidimensional que se posicionam os referidos teóricos de Frankfurt.

O programa da ciência moderna era dissolver os mitos e substituir a imaginação pelo conhecimento. No entanto, conforme escrevem Adorno e Horkheimer (1985, p.19), “a

credulidade, a aversão à dúvida, a temeridade no responder, o vangloriar-se com o saber, a timidez no contradizer, o agir por interesse, a preguiça nas investigações pessoais, o fetichismo verbal, o deter-se em conhecimentos parciais" e muitas outras atitudes semelhantes não permitiram um casamento feliz do entendimento humano com a natureza das coisas, o que resultou em conceitos vãos e experimentos erráticos.

A filosofia experimental baconiana que, apesar de seu alheiamento à matemática, caracteriza muito bem o programa da ciência moderna é, conforme os autores, de natureza *patriarcal*, isto é, o entendimento que vence a superstição deve imperar sobre a natureza desencantada e "O saber que é poder não conhece nenhuma barreira, nem na escravização da criatura nem na complacência em face dos senhores do mundo" (Idem, p.20). Portanto, o que os homens querem de fato aprender da natureza, é como empregá-la para dominar completamente a ela, a si mesmo, e aos seus semelhantes e, "Nada mais importa. Sem a menor consideração consigo mesmo, o esclarecimento eliminou com seu cautério o último resto de sua autoconsciência. Só o pensamento que se faz violência a si mesmo é suficientemente duro para destruir os mitos" (Idem, p.20).

Para o esclarecimento, não importa mais aquela satisfação que se chamava "verdade", mas o caráter operativo e o procedimento eficaz perante o mundo. Os discursos plausíveis, inspiradores de respeito, deleite e admiração, devem ser substituídos pelas obras e pelo trabalho no sentido de descobrir novas particularidades que possam

auxiliar a vida. Doravante, a matéria precisa ser dominada sem o recurso a qualidades ocultas e o que não se submeter ao critério da calculabilidade e da utilidade, tornar-se-á suspeito para o esclarecimento.

Por outro lado, apesar do pluralismo evidenciado pelas várias áreas de pesquisa, o postulado baconiano de uma *ciência universal* torna-se hostil a tudo o que não poder ser vinculado e unificado: a multiplicidade deve dar lugar à posição e à ordem, a história deve se reduzir ao fato, e as coisas, à matéria. Entre os primeiros princípios e os enunciados observacionais, deveria haver uma relação lógica e unívoca estabelecida pelo maior ou menor grau de universalidade. Por conseguinte, a lógica formal acabará sendo a base de todo esse processo de unificação. E o equacionamento mitologizante das ideias com os números, presente nos últimos escritos de Platão, já exprimiam claramente o anseio de toda desmitologização: o número como o cânon do esclarecimento (Idem, p.22).

> A sociedade burguesa está dominada pelo equivalente. Ela torna o heterogêneo comparável, reduzindo-o a grandezas abstratas. Para o esclarecimento, aquilo que não se reduz a números e, por fim, ao uno, passa a ser ilusão: o positivismo moderno remete-o para a literatura. "Unidade" continua a ser a divisa, de Parmênides a Russell.

Prosseguindo em sua crítica, os frankfurtianos Adorno e Horkheimer identificaram no projeto filosófico kantiano uma outra marca fundamental que caracteriza os fundamentos da ciência moderna. Em sua "Crítica da Razão

Pura", Kant (1983) teria combinado a doutrina da incessante e laboriosa progressão do pensamento até ao infinito com a insistência em sua insuficiência e eterna limitação. Paradoxalmente, não há nenhum ser no mundo que não possa ser penetrado pela ciência, mas o que pode ser penetrado não é o ser, é o novo que, de acordo com Kant, o juízo filosófico visa e, no entanto, ele não conhece nada de novo, porque repete tão-somente o que a razão já colocou previamente no objeto.

> Quando, no procedimento matemático, o desconhecido se torna a incógnita de uma equação, ele se vê caracterizado por isso mesmo como algo de há muito conhecido, antes mesmo que se introduza qualquer valor. A natureza é, antes e depois da teoria quântica, o que deve ser apreendido matematicamente. Até mesmo aquilo que não se deixa compreender, a indissolubilidade e a irracionalidade, é cercado por teoremas matemáticos (ADORNO E HORKHEIMER, 1985, p.37).

Para os filósofos de Frankfurt, a dominação universal da natureza acaba voltando-se contra o próprio homem; nada sobrando dele senão aquele conhecido e eterno *eu penso*. A equação do espírito e do mundo acaba por se resolver, mas apenas como a mútua redução de seus dois lados. "Na redução do pensamento a uma aparelhagem matemática está implícita a ratificação do mundo como sua própria medida" (Idem, p.38).

Herbert Marcuse

Em uma de suas obras principais, "A ideologia da sociedade Industrial: o homem unidimensional", Marcuse (1982), outro importante integrante do movimento intelectual de Frankfurt, constrói mais uma importante reflexão crítica em torno do que ele chama de *sociedade unidimensional*, isto é, um modelo de organização social que, fundamentado em uma aliança poderosa entre o capitalismo e a ciência moderna, inaugura uma nova forma de controle que, inibe o espaço da interlocução política e conduz a uma sociedade sem oposição e de pensamento *unidimensional*.

Embora confluindo para uma conclusão pessimista, a crítica marcuseana não deixa de ser importante, sobretudo, porque revela, de maneira muito transparente, os impasses com os quais se defronta a própria teoria crítica no seu enfrentamento com a moderna sociedade industrial. Ao comparar a fase de formação da teoria da sociedade industrial, no século XIX, com o quadro atual de sua época (meados do século XX), Marcuse reconhece que as bases da crítica foram substancialmente alteradas e que a mediação histórica assegurada pelo confronto político entre as duas grandes classes que se enfrentavam na sociedade: a burguesia e o proletariado, não eram mais as mesmas. Embora as classes permanecessem, o novo desenvolvimento capitalista teria alterado profundamente a função dessas classes, de maneira que elas não pareciam mais ser agentes de transformação histórica.

De acordo com Marcuse (1982), um novo interesse, predominante na preservação e no melhoramento do *status*

quo institucional, une os antigos antagonistas nos setores mais avançados da sociedade contemporânea. Nesse caso, dada a ausência de transformação social, a crítica recua para o campo da abstração não havendo terreno algum em que a teoria e a prática, o pensamento e a ação se harmonizem.

Todavia, a força propulsora de tal processo encontra suas bases no desenvolvimento comprometido das modernas tecnologias que, disponibilizando as mercadorias em escala cada vez maior, utiliza as conquistas científicas da natureza para conquistar, cientificamente, o próprio homem. Nessa perspectiva, a antiga e tradicional noção de neutralidade da ciência e de suas tecnologias não se sustenta, pois como tal, a tecnologia não pode ser isolada do uso que lhe é dado e a sociedade tecnológica torna-se um sistema de dominação operante no próprio conceito e na elaboração das técnicas.

> A maneira pela qual a sociedade organiza a vida de seus membros compreende uma *escolha* inicial entre alternativas históricas que são determinadas pelo nível de cultura material e intelectual herdado. A própria escolha resulta do jogo dos interesses dominantes. Ela *antevê* maneiras específicas de utilizar o homem e a natureza e rejeita outras maneiras. [...] Como um universo tecnológico, a sociedade industrial desenvolvida é um universo *político*, a fase mais atual da realização de um *projeto* histórico específico – a saber, a experiência, a transformação e a organização da natureza como o mero material de dominação (MARCUSE, 1982, p.19).

É durante o sexto capítulo, “Do Pensamento Negativo para o Positivo: Racionalidade Tecnológica e Lógica da Dominação”, que Marcuse apresenta mais especificamente o processo de transição para ciência moderna, com o seu imanente projeto de racionalização e dominação da natureza.

De acordo com a crítica marcuseana, embora a dominação do homem pelo homem ainda seja o conteúdo histórico que une razão pré-tecnológica e razão tecnológica, ao projetar e empreender a transformação tecnológica da natureza, a nova sociedade industrial altera as bases da dominação, substituindo gradativamente a antiga dependência pessoal – escravo-senhor; servo-senhor da herdade – pela nova dependência de uma ordem objetiva e estabelecida das coisas. Se a nova ordem objetiva ainda é o resultado da dominação, trata-se agora de uma dominação sutil e apoiada na mais elevada forma de racionalidade: de uma sociedade que, mantendo a sua estrutura hierárquica, explora com eficiência cada vez maior os recursos naturais e humanos. Com efeito, na luta moderna pela existência, a exploração do homem e da natureza tornou-se cada vez mais científica, racional e tecnológica e, enquanto o gerenciamento e a divisão científica do trabalho aumenta enormemente a produtividade econômica e o padrão de vida da sociedade, também produz um padrão mental de comportamento que justifica e absorve até mesmo as particularidades mais destrutivas e opressivas do novo empreendimento.

Para Marcuse (1982), e isso é importante que se repita, a racionalidade e a manipulação técnico-científica estão fundadas em novas formas de controle social e não dependem de uma específica forma de aplicação ou utilização da

ciência, mas é algo inerente a própria natureza da ciência em sua concepção moderna. É o próprio método científico que, conduzindo a uma dominação cada vez mais eficaz da natureza, fornece tanto os conceitos puros como os instrumentos para a dominação cada vez maior do homem pelo homem, de modo que, "A quantificação da natureza, que levou à sua explicação em termos de estruturas matemáticas, separou a realidade de todos os fins inerentes e, consequentemente, separou o verdadeiro do bom, a ciência da ética" (Idem, p.144).

No entanto, alheio a essa racionalidade, permanece um mundo de valores que, retirados da realidade objetiva tornam-se subjetivos. Paradoxalmente, o mundo objetivo, quando reduzido a qualidades quantificáveis, torna-se objetividade dependente do sujeito, isto é, uma objetividade subjetiva, ou por outro lado, uma subjetividade objetivada. Se a filosofia científica moderna partiu da noção das duas substâncias separadas em *res cogitans e res extensa*, para Marcuse, ao se conceber a matéria estendida compreensível em equações matemáticas que, traduzidas em tecnologia *refazem* essa matéria, a *res extensa* perde o seu caráter de substância independente e, conforme reconhece Heisenberg, a velha divisão do mundo em processos objetivos no tempo e no espaço e a mente na qual esses processos são refletidos, isto é, a divisão cartesiana entre *res cogitans e res extensa* não é mais um ponto de vista apropriado à compreensão da ciência moderna e "A coisa em si é para o físico nuclear, se é que ele de fato usa esse conceito, finalmente uma estrutura matemática, mas essa estrutura é – contrariamente a Kant – indiretamente deduzida da experiência (HEISENBERG, apud MARCUSE, 1982, p.149).

Nesse caso, em uma situação paradoxal, os esforços desenvolvidos no sentido de estabelecer uma objetividade, a mais rígida possível, conduziram a uma crescente e estranha desmaterialização da natureza. Na física de partículas, por exemplo, a matéria é definida a partir de suas relações com as experiências humanas e pelas leis estabelecidas através da matemática, ou seja, como objeto intelectual e passível de manipulação.

Numa visão marcuseana, a ciência da natureza se desenvolve dentro de um *a priori tecnológico* que projeta a natureza como um instrumento em potencial, como material passível de controle e organização. Desde Galileu, a ciência é a ciência das antecipações e projeções metódicas e sistemáticas, mas se restringe a um tipo particular de projeção e especificação: aquele que compreende, experimenta e molda o mundo em termos de quantidades calculáveis e exatamente previsíveis. Neste projeto:

> A razão teórica, permanecendo pura e neutra, entrou para o serviço da razão prática. A fusão resultou benéfica para ambas. Hoje, a dominação se perpetua e se estende não apenas através da tecnologia, mas *como* tecnologia, e esta garante a grande legitimação do poder político que absorve todas as esferas da cultura. [...] A racionalidade tecnológica protege, assim, em vez de cancelar, a legitimidade da dominação, e o horizonte instrumentalista da razão se abre sobre uma sociedade racionalmente totalitária... (MARCUSE, 1982, p.154).

A tese central de Marcuse é uma tentativa de mostrar como a ciência, por conta de seu próprio método e de seus conceitos, projeta e promove um universo no qual a dominação da natureza permanece ligada à dominação do próprio homem e a natureza cientificamente compreendida e dominada, ressurge no aparato técnico de produção e destruição da natureza, mantendo e aprimorando a vida dos indivíduos enquanto os subordina aos senhores dos novos aparatos técnico-científicos.

Jürgen Habermas

Na mesma direção de uma crítica aos fundamentos positivistas e tecnicistas da sociedade moderna, o filósofo alemão Jürgen Habermas, um dos principais herdeiros da Escola de Frankfurt, chama a nossa atenção para a vinculação entre ciência e técnica, conhecimento e interesse, revelando o lado obscuro de ambas enquanto ideologia. Embora prossiga com a teoria crítica elaborada por Marcuse, Horkheimer e Adorno, Habermas avança em vários pontos importantes, sobretudo vencendo o caráter aporético e pessimista das teorias de seus predecessores.

No ensaio "Conhecimento e Interesse", Habermas (1983a) traz de volta a questão da neutralidade e objetividade da ciência e defende a tese de que o desenvolvimento de qualquer área do conhecimento é guiado por interesses. A crítica habermasiana aponta inicialmente para o fato de que o estudo de uma filosofia rigorosamente teórica seria mediado pela ideia, e somente esta conferiria um sentido ético à ação. Nesse caso, só o conhecimento desvinculado de interesses específicos e voltado para a ideia encontraria

nela o seu fundamento teórico[35]. Para o autor, existe uma relação entre a autocompreensão positivista da ciência e a antiga ontologia. E, a pretexto de uma autonomia ante os juízos de valor, aparece uma autocompreensão herdeira do pensamento teórico da antiga filosofia grega, isto é, o cultivo de uma autossuficiência teórica e epistemológica que implica na separação entre conhecimento e interesse (HABERMAS, 1983a).

Conforme o teórico de Frankfurt, no contexto das sociedades modernas, a ciência e a técnica tornaram-se as forças produtivas por excelência, e os cientistas e técnicos que dominam esse conhecimento passaram a exercer um poder superior no corpo de uma sociedade em que os homens possuem, contraditoriamente, o privilégio e a obrigação de viverem. Nesse contexto:

> Uma crítica que pretenda destruir a aparência objetivista deve reagir contra esta conseqüência prática de uma consciência limitada, cientificizada do processo científico. O objetivismo não será vencido por força de uma *theoria* renovada como pensava ilusoriamente Husserl, porém pela demonstração da conexão entre conhecimento e interesse (1983 p. 311-312).

Como fica evidente na passagem anterior, a solução do falso objetivismo não se dará pelo reencontro ilusório com uma teoria renovada, mas pelo esclarecimento da conexão

35 Na linguagem filosófica, o conceito de *teoria* está vinculado à contemplação do *Kosmos*. Como contemplação do cosmos pressupõe o limite entre o ser e o tempo.

inevitável entre conhecimento e interesse. De fato, em não muito poucas vezes, as ideias aparentemente objetivas e neutras são, na verdade, esquemas justificativos de ações que não levam em consideração os dados de realidade. No nível individual, Habermas as define como racionalização e no nível coletivo, como ideologia. Nos dois casos, o conteúdo manifesto nas proposições é falsificado por outro conteúdo latente, refletindo os interesses de uma consciência aparentemente autônoma.

Quando, nas ciências *empírico-analíticas*, se produz um conhecimento capaz de fazer previsões, o sentido das previsões, isto é, seu valor técnico, é resultante unicamente da regra, elemento de mediação entre teoria e realidade. Logo, em observações sujeitas a controle, como é o caso dos experimentos, cria-se antes as condições iniciais e em seguida, efetuam-se as medições sujeitas às regras.

O empirismo tenta ligar a aparência objetivista às observações protocolares, mas estas, conforme Habermas, não se constituem em observações dos fatos em si, mas aparecem como expressão de sucesso ou não de nossas operações.

Embora a ciência experimental procure, mediante uma ação racional de consequências previsíveis, dissociar a relação existente entre a realidade e o interesse, isto significa apenas, a determinação do "interesse intelectual pelos recursos técnicos atuando sobre processos objetivados" (HABERMAS, 1983a, p.306).

Por outro lado, mesmo um saber nomológico, isto é, orientado por leis, pode ser portador de uma reflexão que, se não ocasiona a perda do rigor da lei, pelo menos pode suspender sua aplicação. A autorreflexão crítica liberta o

sujeito de poderes hipostasiados, ou seja, de ficções e abstrações falsamente admitidas como reais, para definir um conhecimento libertador. Para Habermas, a ciência, quando orientada criticamente, tem este elemento em comum com a filosofia. Mas, em permanecendo prisioneira da ontologia, a própria filosofia torna-se vítima de um objetivismo que deforma a relação entre o conhecimento e o interesse. Somente quando investe contra a aparência de uma teoria pura em si, a crítica dirigida contra o objetivismo da ciência tem condição de libertar-se da dependência admitida até então, superando o *status* vão de uma filosofia aparentemente despida de pressupostos.

Como dissemos inicialmente, a crítica habermasiana embora herdeira do pensamento crítico da Escola de Frankfurt, transcende-a em vários pontos, principalmente, porque consegue apresentar uma proposta alternativa ao quadro de dominação habilmente diagnosticado pelos seus predecessores. No ensaio "Técnica e Ciência Enquanto Ideologia", publicado em 1968, Habermas (1983b) aproveita a crítica de Marcuse a Max Weber para construir uma nova tese em torno do problema da racionalidade.

De acordo com Habermas (1983b), a dificuldade de Marcuse, como a de Weber, foi a de determinar exatamente o que significa o fato de que a forma racional da ciência e da técnica, isto é, a racionalidade incorporada nos sistemas do agir-racional-com-respeito-a-fins tenha vindo a se expandir, chegando a tornar-se a forma de vida, a totalidade histórica de um mundo do viver. Nesse sentido, o teórico de Frankfurt sugere uma nova formulação da "racionalização" weberiana que parte de uma

distinção fundamental entre *trabalho e interação,* ou seja, entre o *agir racional-com-respeito-a-fins* e, o que ele denomina, de *agir comunicativo*.

Conforme a distinção habermasiana, o trabalho, ou o agir racional-com-respeito-a-fins, é o agir instrumental, a escolha racional, ou a combinação dos dois. "O agir instrumental rege-se por *regras técnicas* baseadas no saber empírico. Elas implicam, em cada caso, prognósticos condicionais sobre acontecimentos observáveis, físicos ou sociais; esses prognósticos podem se evidenciar como corretos ou como falsos. O comportamento de escolha racional é regido por estratégias baseadas no saber analítico" (Idem, p.321). Por outro lado, o *agir comunicativo* é uma interação mediatizada simbolicamente que se rege por normas de validade obrigatória, definindo as expectativas de comportamento recíprocas, que precisam ser compreendidas e reconhecida por, pelo menos, dois sujeitos agentes.

Normas sociais são fortalecidas por sanções e seu sentido se objetiva na comunicação mediatizada pela linguagem corrente. Nesse caso, enquanto a vigência das *regras técnicas* e das estratégias depende da validade das propostas empiricamente verdadeiras, ou analiticamente corretas, a vigência das normas sociais é fundamentada exclusivamente na intersubjetividade de um entendimento acerca das intenções.

Portanto, a partir desses dois tipos de ação, Habermas classifica os sistemas sociais conforme a predominância do agir racional-com-respeito-a-fins ou da ação comunicativa. Mas, de acordo com o seu pensamento, e aqui reside a centralidade de sua tese, nas sociedades industriais modernas,

o desenvolvimento da ação comunicativa é sufocado pelo agir racional-com-respeito-a-fins. De modo que:

> A dominação manifesta do estado autoritário cede às coações manipulativas da administração técnico-operativa. A imposição moral de uma ordem sancionada e, ao mesmo tempo de um agir comunicativo orientado para o sentido verbalmente articulado e que pressupõe a interiorização de normas, é substituída numa extensão cada vez maior, pelos modos de comportamento condicionados, enquanto as grandes organizações como tais se submetem cada vez mais à estrutura do agir racional-com-respeito-a-fins (HABERMAS, 1983b, p. 332).

De fato, a partir do desenvolvimento das novas tecnologias, as funções do agir racional-com-respeito-a-fins desvinculam-se cada vez mais do substrato do organismo humano sendo transferida para as máquinas e o homem pode, além de auto-objetivar-se completamente enquanto *homo faber*, ser definitivamente integrado aos novos dispositivos técnicos, enquanto *homo fabricatus*. Há, portanto, uma redução da razão aos limites de uma razão técnica e instrumental que, a partir de uma forma peculiar de controle da natureza, domina também o homem e as formas de organização da sociedade. A contraposição deste processo dar-se-ia, segundo Habermas, a partir de uma dilatação permanente do *agir comunicativo*.

Diferente de seus predecessores, Habermas acredita na possibilidade de avanços sociais e emancipação humana e encontra no diálogo, na linguagem e na possibilidade

do consenso a partir da intersubjetividade discursiva, as condições para uma nova conformação social, formulando uma nova e importante teoria que ficou conhecida como: "Teoria da ação comunicativa".

Uma outra importante e atual reflexão crítica em torno da ciência tem sido proposta pelo sociólogo português Boaventura de Souza Santos. Embora acolha muitos aspectos dos críticos que o antecederam, Santos traz, a público, uma visão inovadora que parte do princípio de que é necessário renovar a teoria crítica para reinventar a emancipação social. A seguir, procuramos reunir os aspectos principais do pensamento de Santos em torno dos fundamentos e dos indícios sinalizadores da crise paradigmática da ciência moderna.

Boaventura Santos

O encontro de Boaventura com a questão da ciência em sua problemática relação com outros saberes, sobretudo com os saberes cotidianos e de *senso comum*, veio, a público, pela primeira vez através da "Oração da Sapiência", palestra proferida durante a abertura solene das aulas da Universidade de Coimbra no ano letivo de 1985-1986. Mais tarde (1987), depois de revisado e ampliado, o texto é publicado em Portugal com o novo título: "Um discurso sobre a ciência". No Brasil, aparece primeiro como artigo na revista do Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo (1988) e mais tarde como livro que utiliza o mesmo título da publicação portuguesa.

Semelhante ao discurso de Snow (1995) “Sobre as duas Culturas”, o opúsculo do sociólogo português causou grande impacto nos meios acadêmicos, produzindo um intenso debate que resultou na publicação de vários artigos, livros e conferências, além de inaugurar uma “guerra” das ciências em território português[36].

Não nos interessa, por enquanto, ultrapassar as trincheiras de uma guerra das ciências, mas apenas resgatar aspectos fundamentais da crítica de Santos aos fundamentos da ciência na versão moderna, mesmo porque, como nos lembra Wagner (2004, p.104), “Santos não declarou guerra a ninguém, o que ele estava a discutir era o que chamou de *senso comum*”.

Alheio a esta guerra e às vezes envolvido com ela, Santos publica três outras obras que consideramos essenciais ao debate atual sobre a ciência: “Introdução a uma ciência Pós-moderna”; “A crítica da Razão Indolente: contra o desperdício da experiência” e, “Conhecimento Prudente para uma Vida Decente: ‘Um Discurso sobre as Ciências’ revisitado”. Esta última nasce como uma resposta final à polêmica inaugurada a partir do lançamento da obra “O discurso Pós-moderno contra a ciência. Obscurantismo

36 Embora não fosse a intenção, “Um discurso Sobre as Ciências”, suscitou uma crítica raivosa e um princípio de guerra das ciências que não só atingiu o solo português como o brasileiro. Em janeiro de 2005, o professor Boaventura de Souza Santos foi convidado pra proferir palestra de abertura no Simpósio Brasileiro de Ensino de Física realizado no Rio de Janeiro. No mesmo ano, Antônio Manoel Baptista encaminha uma carta de repúdio a Sociedade Brasileira de Física em que lamenta o fato “de brasileiros de uma Sociedade de Física, do país que inventou as histórias de português se tivesse substituído aos atores habituais nestas histórias”. Nos anexos deste trabalho, disponibilizamos as cópias das três cartas que constam dos arquivos da SBF.

e irresponsabilidade" de autoria do físico português, Antônio Manoel Baptista (2002). Na composição dessa obra, Santos (2004b) reúne 34 artigos dos mais importantes e diferentes autores e das mais diversas correntes teóricas, todos eles ocupados com uma releitura crítica das obras em questão.

Em "Um Discurso sobre as Ciências", Santos (2004a) parte do pressuposto de que existe uma crise da ciência moderna e que, de fato, estamos diante de um processo confuso e contraditório muito característico dos processos de transição. Conforme o autor, em tais contextos, é necessário retornar às coisas simples e recuperar a capacidade de formular perguntas simples e capazes de trazer uma nova luz à nossa perplexidade.

Revisitando o "Discurso Sobre as Ciências e as Artes" proferido por Rousseau em 1750, o autor recoloca algumas perguntas fundamentais sobre a ciência em sua problemática relação com outros saberes e em confronto com a ética. E, considerando a ambiguidade e complexidade do tempo científico presente (referindo-se ao ano de 1985), convoca-nos a perguntar novamente pela relação entre a ciência e a virtude, pelo valor do conhecimento vulgar e de senso comum que a ciência teima em considerar irrelevante, ilusório e falso, e, sobretudo, pela influência do conhecimento científico no enriquecimento ou empobrecimento das nossas vidas, e dos contributos positivos ou negativos da ciência no que se refere à nossa felicidade. (SANTOS 2004a, p.16).

Em se tratando de um discurso, o texto segue as características de um manifesto que se inicia caracterizando o

paradigma dominante para, em seguida, apontar os traços principais de sua crise, concluindo com o anúncio da emergência de um novo paradigma que se revela através de algumas novas características presentes no próprio contexto da crise.

Como justifica Santos (2004 c), toda a argumentação desenvolvida em "Um Discurso Sobre a Ciência" encontra-se fundamentada em reflexões de cientistas, em sua maioria, físicos. Portanto, a crise do positivismo lógico e do realismo científicos coincide com o advento das incertezas, das contingências, da complexidade, da irreversibilidade e de outras teorias que não aparecem como corpos estranhos ao universo científico, mas, pelo contrário, são produtos do próprio desenvolvimento da ciência.

Modelo de racionalidade construído a partir da revolução científica do século XVI e que encontra o seu apogeu nos séculos XVIII e XIX, a ciência moderna assume o caráter global de racionalidade que, de acordo com Santos (2004c), torna-se, também, um modelo totalitário. De fato, embora admita alguma variedade interna, a ciência moderna protege-se e distingue-se por vias de fronteiras ostensivas, negando o caráter racional a todas as outras formas de conhecimento que não se orientem pelos seus princípios metodológicos. Nesta linha divisória, duas formas de conhecimentos são particularmente descredenciadas: o senso comum e as humanidades.

Rompendo com a ciência aristotélica, a ciência moderna desconfia sistematicamente das evidências construídas a partir dos sentidos imediatos, classificando-os como secundários e ilusórios, o que se evidencia muito fortemente no

esforço de Galileu para, negando o testemunho dos sentidos, construir a defesa do modelo copernicano.

Santos (2004a), ainda, aponta três outras características que melhor definem o paradigma moderno. A primeira refere-se a separação cartesiana entre a natureza e o ser humano. Uma natureza que passa a ser compreendida apenas como extensão e movimento, isto é, passiva, reversível e mecanicamente previsível através do conhecimento de suas leis. A segunda decorre da primeira e se expressa muito bem através do pensamento de Bacon, quando, a partir de um "Novum Organum" opõe a incerteza da razão entregue a si mesma, à certeza das experiências planejadas que permitirá à nova ciência um domínio e uma posse completa da natureza. Mas, diferentemente do que pensava Bacon, as experiências não dispensam as teorias prévias, o pensamento dedutivo ou mesmo especulativo. Deste fato, decorre a terceira característica apontada por Santos, isto é, o privilegio da linguagem matemática sobre os demais critérios de validação do conhecimento científico.

Se em Descartes é explicito o caminho das ideias para as coisas, as experiências de Galileu também não são tão divisíveis como aparentam. Conforme o sociólogo português, os métodos experimentais de Galileu são tão imprecisos e imperfeitos que só a partir de critérios bastante especulativos e ousados, poderiam alcançar algum sucesso. Neste caso, só o socorro de muita especulação matemática prévia teria permitido o desenvolvimento de muitas das teses experimentais de Galileu. Se, como postulara Bacon, o novo conhecimento deveria partir de observações sistemáticas e cautelosas da realidade, na

visão galileana, estas observações deveriam ser orientadas por ideias claras e simples a partir das quais se poderia ascender a um conhecimento profundo, rigoroso e objetivo da natureza. Em tais condições, as ideias matemáticas eram as únicas que se ajustavam satisfatoriamente aos propósitos da ciência nascente. Conforme o pensamento galileano, a matemática fornecerá à ciência moderna não apenas o instrumento privilegiado de análise, como também a lógica da investigação e o modelo de representação da própria estrutura da matéria.

> No que respeita a compreensão intensiva e na medida em que este termo denota a compreensão perfeita de alguma proposição, digo que a inteligência humana compreende algumas delas perfeitamente, e que, portanto, a respeito delas tem uma clareza tão absoluta quanto a própria natureza. Tais são as proposições das ciências matemáticas, isto é, da geometria e da aritmética nas quais a inteligência divina conhece infinitamente mais proposições porque as conhece todas. Mas no que respeita àquelas poucas que a inteligência humana compreende, penso que o seu conhecimento é igual ao Divino ... (GALILEU, apud SANTOS, 2004a, p.27)

Este jeito novo de lidar com a natureza, além de possibilitar um inquestionável desenvolvimento científico, conduzirá a duas consequências principais. Primeiro o rigor científico será aferido pelo rigor das medições, de modo que as qualidades intrínsecas do objeto serão desprezadas e, como seria diagnosticado pelos teóricos de Frankfurt,

o que não for quantificável não será relevante. Por outro lado, a natureza é desdenhada em sua complexidade através de uma premissa de fragmentação e construção de modelos a partir de certas condições iniciais. Já "No Discurso do Método", a fragmentação das dificuldades é sugerida como único caminho para enfrentar os obstáculos impostos pela complexidade dos problemas. Em meio a condições iniciais caóticas é possível, através da observação de algumas regularidades, estabelecer novas condições iniciais favoráveis e relevantes para encontrar o caminho das leis da natureza.

Na opinião de Santos (2004a), esta distinção entre condições iniciais caóticas e leis da natureza, em que se assenta toda a ciência moderna, nada tem de *natural,* mas é completamente arbitrária. Enquanto a ciência aristotélica fundamentava-se no princípio das quatro causas: material, formal, eficiente e final, a ciência moderna orienta-se por um tipo de causa formal que privilegia o *como funciona* das coisas em detrimento do agente ou da finalidade. Nesse caso, segue um percurso de ruptura com o senso comum. Enquanto este último, não consegue separar a causa da intenção, na ciência moderna a determinação da causa formal exige a expulsão da intenção.

> É este tipo de causa formal que permite prever e, portanto, intervir no real e que, em última instância, permite à ciência moderna responder à pergunta sobre o fundamento do seu rigor e da sua verdade com o elenco dos seus êxitos na manipulação e na transformação do real (SANTOS, 2004a, p.30).

Muito próximo da crítica habermasiana, para Santos, a verdade da ciência, se traduz na verdade de seus êxitos, sobretudo, os êxitos das transfigurações tecnológicas da natureza. No entanto, toda essa transformação tem como pressuposto metateórico a ideia de ordem e de estabilidade do mundo que possibilita a construção de um conhecimento baseado em leis. Essa ideia do mundo como máquina será tão poderosa que se converterá na grande hipótese universal da época moderna: *o mecanicismo*.

Em "Introdução a uma Ciência Pós-moderna", Santos (2003) prossegue sua crítica e aprofunda em muitos aspectos o que tinha sugerido como hipótese em "Um discurso sobre as ciências". Nessa obra, que será fundamental para nossa argumentação em defesa da necessidade e possibilidade de popularização do conhecimento científico e tecnológico, o autor defende a tese de uma segunda ruptura epistemológica que permitirá um reencontro da ciência com o senso comum, sugerindo uma visão alternativa que resgata os aspectos positivos dos saberes cotidianos, sobretudo o seu potencial para os projetos de emancipação social e cultural.

Partindo da epistemologia bachelardiana, que para Santos (2003) é a que melhor descreve o fenômeno da ciência moderna, procura caracterizar o que ele chama de uma *primeira ruptura epistemológica,* isto é, a negação e a substituição de um conhecimento prático e de senso comum por um conhecimento sistemático e científico, o que possibilitará o surgimento da ciência moderna. No entanto, a ruptura epistemológica bachelardiana só é compreensível

dentro do próprio paradigma da ciência moderna que, de acordo com Santos é:

> um paradigma que se constitui contra o senso comum e recusa as orientações para a vida prática que dele decorrem;
>
> um paradigma que procede pela transformação da relação eu/tu em relação sujeito/objeto, uma relação feita de distância, estranhamento mútuo e de subordinação total do objeto ao sujeito (um objeto sem criatividade nem responsabilidade);
>
> um paradigma que pressupõe uma única forma de conhecimento válido, o conhecimento científico, cuja validade reside na objetividade de que decorre a separação entre teoria e prática, entre ciências e ética;
>
> um paradigma que tende a reduzir o universo dos observáveis ao universo dos quantificáveis e o rigor do conhecimento ao rigor matemático do conhecimento, do que resulta a desqualificação (cognitiva e social) das qualidades que dão sentido à prática;
>
> um paradigma que desconfia das aparências e das fachadas e procura a verdade nas costas dos objetos, assim perdendo de vista a expressividade do face a face das pessoas e das coisas onde, no amor e no ódio, se conquista a competência comunicativa;
>
> um paradigma que assenta na distinção entre o relevante e o irrelevante e que se arroga o direito de negligenciar (Bachelard) o que é irrelevante e, portanto, de não conhecer nada do que não quer ou não pode conhecer;

> um paradigma que avança pela especialização e pela profissionalização do conhecimento, como o que gera uma nova simbiose entre saber e poder, onde não cabem os leigos...;
>
> um paradigma que se orienta pelos princípios da racionalidade formal ou instrumental, irresponsabilizando-se da eventual irracionalidade substantiva ou final das orientações ou das aplicações técnicas do conhecimento que produz;
>
> finalmente, um paradigma que produz um discurso que se pretende rigoroso, antiliterário, sem imagens nem metáforas, analogias ou outras figuras da retórica, mas que, com isso, corre o risco de se tornar mesmo quando falha na pretensão, um discurso desencantado, triste e sem imaginação, incomensurável com os discursos normais que circulam na sociedade (Idem, p.34/35).

Neste parágrafo que, dado a importância, resolvemos citar na íntegra e dividido em subitens, o autor resume de maneira simples e clara as características mais problemáticas e tensionais do paradigma em questão. E, a partir de tal constatação, sinaliza os processos que indicariam com maior consistência o desenrolar de sua crise.

Em "A crítica da razão indolente", Santos (2005) recupera e aprofunda muito do que já havia sido discutido em duas de suas obras anteriores (2003, 2004a), reiterando a ideia de que a crise do paradigma da ciência moderna é, de fato, uma crise profunda e irreversível. De seu ponto de vista, com o qual compartilhamos, alguns sinais evidenciam o desabrochar deste movimento convulsivo, e as

revoluções ocorridas no interior do próprio universo das ciências seriam um testemunho inconteste da presença desta crise paradigmática.

Assim como discutimos com maiores detalhes na seção (3.3), Santos (2004a) também identifica na Teoria da Relatividade e na Mecânica Quântica duas das mais sérias revoluções na arquitetura do paradigma da ciência moderna. Enquanto a primeira rompe com o princípio da simultaneidade universal e derruba os fundamentos newtonianos do espaço e do tempo absolutos, a segunda estabelece limites probabilísticos para as certezas das medidas físicas, inviabilizando a hipótese determinista e revelando uma nova complexidade em que a relação sujeito/objeto perde o seu caráter dicotômico para assumir a forma de um *continuum*.

Porém, o processo revolucionário não se restringe aos limites da física. A matemática também contribuirá para o desenho de novos horizontes. É o que indica o teorema da incompletude de Godel e os teoremas sobre a impossibilidade, dentro de um dado sistema formal, de provar a sua consistência. Em outras palavras, Godel provou que um sistema de axiomas jamais pode ser baseado em si mesmo, isto é, sua consistência teria que buscar auxílio fora do sistema.

Além destas, Santos ainda chama a atenção para outras teorias importantes dentro deste novo quadro revolucionário. A teoria das estruturas dissipativas e o princípio da ordem através de flutuações do físico-químico Ilya Prigogine é um exemplo ilustrativo das novas ideias que habitam o paradigma moderno em seu processo de transição. De acordo com estes princípios, em sistemas abertos,

a evolução explica-se por flutuações de energia que em determinados momentos, de previsibilidade limitada, desencadeiam reações espontâneas que, através de mecanismos não lineares, pressionam o sistema para além de um limite máximo de instabilidade, conduzindo-o a um novo estado macroscópico. Desse modo, a irreversibilidade nos sistemas abertos significa que estes são produtos de sua própria história. Trata-se, pois, de uma teoria bastante revolucionária em relação à nossa herança clássica.

> Em vez da eternidade, a história; em vez do determinismo, a imprevisibilidade; em vez do mecanicismo a interpenetração, a espontaneidade e a auto-organização; em vez de reversibilidade, a irreversibilidade e a evolução; em vez da ordem, a desordem; em vez da necessidade a criatividade e o acidente (SANTOS, 2004a, p.48).

Em sua argumentação em favor da tese de uma crise de paradigma na ciência moderna, Santos prossegue citando o exemplo de novas teorias revolucionárias tais como: a sinergética de Haken, a teoria da origem da vida de Eigen, o conceito de autopoiesis de Maturana e Varela, a teoria das catástrofes de René Thom e a teoria da ordem implicada de David Bohm. Estas e outras construções nascidas no interior da própria ciência são trazidas por Santos como sinais de um processo que, provavelmente conduzirá a uma nova ciência.

Mas o pensamento crítico de Santos não se limita ao reconhecimento de algumas revoluções paradigmáticas confinadas à territorialidade das ciências naturais. Conforme

o autor português, o paradigma nascente exige um novo modelo de racionalidade. E, sem uma crítica ao modelo de racionalidade dominante, todas as propostas e alternativas emancipatórias tenderão à regulação e ao descrédito.

É no ensaio “Para uma sociologia das ausências e uma sociologia das emergências” que Santos (2004b) constrói a sua crítica ao modelo de racionalidade ocidental que predominou por mais de duzentos anos. Se os teóricos de Frankfurt edificaram a sua crítica em torno do que eles chamaram de razão instrumental, Santos, seguindo Leibniz, desenvolve o que ele chama de uma *crítica da razão indolente*.

Assim como fez em relação ao paradigma da ciência moderna, inicia a sua tese pela identificação das principais características do que ele denomina de *razão indolente*. A indolência da razão, analisada pelo autor, manifesta-se em quatro formas diferentes e articuladas: como *razão metonímica*, que se entende como única forma de racionalidade, descuidando-se de outros modelos auxiliares e concorrentes; como *razão impotente*, que não se exerce porque acredita que nada pode contra a necessidade de uma realidade inexorável e concebida como exterior a ela própria (razão); como *razão arrogante*, que não se exerce justo porque se imagina incondicionada e livre, sobretudo, de demonstrar a sua própria liberdade; e, finalmente, como *razão proléptica*, que a partir de uma visão linear, mecânica e infinita do presente, descuida-se de pensar o futuro por julgar que sabe tudo a respeito dele (Idem, p.780).

A força e a novidade da crítica construída por Santos encontram-se no reconhecimento de que a *razão indolente* subjaz ao conhecimento hegemônico, tanto filosófico

como científico e que nem mesmo as exceções parciais do romantismo e do marxismo conseguiram ser suficientemente fortes e diferentes para constituírem-se em alternativas viáveis à indolência de uma razão que dominou o conhecimento produzido no ocidente por mais de duzentos anos. Conforme esta tese, a *razão indolente*, em suas quatro modalidades de manifestação, desenhou e presidiu os grandes debates filosóficos e epistemológicos dos últimos dois séculos, obstaculizando qualquer progresso no sentido de uma nova estruturação do conhecimento. Enquanto a *razão impotente* e a *razão arrogante* formataram os debates: determinismo/livre-arbítrio, realismo/construtivismo, estruturalismo/existencialismo; a *razão metonímica* apropriou-se do debate: atomismo/holismo, ciências nomotéticas/ciências idiográficas e a *razão proléptica* orientou os debates: idealismo/materialismo dialético; historicismo/pragmatismo.

Apesar do enfrentamento com importantes crises da ciência moderna, e mesmo depois de confrontada com o discurso de Snow (1995) sobre as duas culturas e pelas terceiras culturas que emergiram dele, principalmente pelos debates de popularização da ciência; mesmo questionada por uma nova epistemologia feminista, por novos estudos multiculturais e pelos estudos sociais da ciência, a *razão indolente* tem persistido e resistido à mudança das rotinas, sobretudo porque, seguindo o que já havia sido prognosticado por Habermas (1983), consegue transformar interesses hegemônicos em conhecimentos verdadeiros. Nesse caso, para haver mudanças na estruturação dos conhecimentos, é necessário mudar a razão que preside estes conhecimentos e a sua estruturação. É necessário, conclui Santos (2004b),

desafiar e enfrentar *a razão indolente*. Mas, para fazê-lo, também é necessário construir uma nova teoria crítica.

Do ponto de vista do sociólogo português, no combate a *razão indolente*, a própria teoria crítica precisa ser reinventada. E, conforme reconhece, embora a sua crítica se insira na tradição crítica da modernidade, traz algo de novo e desvia-se do antigo modelo em, pelo menos, três aspectos fundamentais. Em primeiro lugar, afasta-se da teoria crítica[37] moderna por considerá-la subparadigmática, isto é, que ainda credita possibilidades emancipatórias dentro do paradigma dominante. Conforme a tese de Santos (2005), é impossível conceber estratégias genuinamente emancipatórias no âmbito do paradigma vigente. Neste caso, para ser eficaz, a nova teoria crítica deve assumir uma posição paradigmática bem definida, partindo de uma crítica radical ao modelo dominante para, a partir desta, e com recurso a muita imaginação utópica, desenhar os contornos de horizontes emancipatórios em que se prenuncia o emergir de um novo paradigma. Esta imaginação utópica permite visualizar nas lutas subparadigmáticas a reinvenção da tensão entre regulação e emancipação que esteve na origem do paradigma da modernidade, e que hoje sobrevive apenas como regulação.

Sem dúvida, a proposta de Santos coaduna perfeitamente aos argumentos que fundamentam a nossa tese, sobretudo, porque sem a crítica na direção de uma ruptura

---

37 É toda teoria que não reduz a "realidade" ao que existe. A realidade, de qualquer que seja o modo é considerada pela teoria crítica como um campo de possibilidades e a tarefa da teoria crítica é justamente avaliar a natureza e o âmbito das alternativas do que está empiricamente dado (SANTOS, 2005, p.23).

com a ciência moderna, os projetos de popularização da ciência, isto é, de construção de uma ciência comunicativa, dialógica e popular, perdem completamente o seu sentido emancipatório, reduzindo-se aos conhecidos projetos de difusão messiânica e vanguardista muito próximo aos modelos de "extensão universitária", há muito, criticados por Freire (1971).

O segundo aspecto que afasta a nova teoria crítica da teoria crítica moderna refere-se a questão do distanciamento e da familiaridade. Para Santos (2005), todo pensamento crítico é centrífugo e cria desfamiliarização em relação ao que é tradicionalmente estabelecido, tarefa que a teoria crítica moderna realiza com relativa facilidade. Todavia, o objetivo da vida não pode deixar de ser a familiaridade com a própria vida. Por conseguinte, a desfamiliarização é, para Santos, apenas um momento de suspensão necessário para criar uma nova familiaridade e o objetivo último da teoria crítica é ela própria transformar-se em um novo senso comum, um senso comum emancipatório (2005, p.17).

Em "Introdução a uma ciência Pós-moderna", Santos (2003) se refere a uma segunda ruptura epistemológica que visa a transformar a ciência moderna em senso comum. Aqui ele amplia sua tese para o contexto de uma nova teoria crítica que, justamente por rejeitar o vanguardismo, procura transformar o senso comum, transformando-se com ele em um novo senso comum, ético, solidário, participativo, reencantado e emancipatório.

A terceira zona de afastamento entre a teoria crítica moderna e a teoria crítica pós-moderna, está relacionada ao problema da autorreflexividade. De acordo com Santos,

ao apontar e denunciar as incoerências e falsidades do paradigma em questão, a teoria crítica moderna assume acriticamente a verdade sobre si própria, negligenciando o aspecto autorreflexivo que é fundamental a uma critica genuinamente emancipatória. A dificuldade encontra-se no fato de, as mesmas linhas que separam a crítica do objeto, estarem deveras unidas a ele. Não é simples e fácil reconhecer que na crítica sempre deve haver algo de autocrítica.

> É uma história velha. Os filósofos, tal como os teólogos e os teóricos sociais, estão tão seguros de que os hábitos pessoais e os interesses condicionam as doutrinas de seus opositores como estão seguros de que as suas próprias crenças são absolutamente universais e objetivas (DEWEY, apud SANTOS, 2005, p.17).

Com efeito, a nova teoria crítica sugerida por Santos parte da premissa desta dificuldade no sentido de, quando possível, superá-la e, quando não, pelo menos conviver lucidamente com ela, sem jamais esquecer que qualquer intervenção crítica sempre corre o risco de estar mais próxima do paradigma vigente do que daquele que supõe emergente.

Por outro lado, apesar de nosso tempo ser relativamente suscetível à crítica, não tem sido observado grandes construções neste sentido. Pelo contrário, convivemos com o estranho paradoxo de uma crescente retração crítica, não se sabendo ao certo por que em meio à imensidade de problemas postos pela modernidade, tornou-se tão difícil

produzir uma teoria crítica. Na opinião de Santos, um dos principais entraves encontra-se na persistência da *razão metonímica* que, obcecada pela ideia de ordem a partir da totalidade, não admite compreensão nem ação fora da referência a um todo que contenha e seja maior que todas as suas partes.

Seguindo tal procedimento, a teoria crítica moderna concebe a sociedade como uma totalidade para a qual se deve propor uma alternativa universal, a exemplo da teoria marxista que, ao partir dessa premissa, preconiza uma forma única de conhecimento, capaz de abarcar todas as nuances do tecido social; um princípio único de transformação, e um agente único capaz de dar conta de todo esse projeto.

Para Santos, não há uma forma exclusiva de dominação. Não havendo, por conseguinte, um princípio único de transformação social e nem agentes históricos únicos. Com efeito, se não há um princípio exclusivo, também não é possível reunir todas as resistências e formas de lutas ao abrigo de uma teoria comum e universal.

> O nosso lugar é hoje um lugar multicultural, um lugar que exerce uma hermenêutica de suspeição contra supostos universalismos ou totalidades. [...] Mais do que uma teoria comum, do que necessitamos é de uma *teoria da tradução* que torne as diferentes lutas mutuamente inteligíveis e permita aos actores coletivos conversarem sobre as opressões a que resistem e as aspirações que os animam (2005, p.27).

O perigo dos universalismos[38] reside no fato de que, por trás de uma visão global e universalizante, quase sempre se esconde uma visão particular que se entende e se pretende universal. Ao contrário do que é proclamado pela *razão metonímica*, o todo não é mais do que o conjunto das partes, mas apenas uma das partes transformada em referência para as demais. É a pretexto de uma razão universal que são impostas as vontades de uma raça, um sexo e uma classe social, com a consequente desvalorização e destruição de muitas outras formas de saberes próprias dos povos sujeitos à colonização ocidental e ao domínio global da ciência moderna.

Embora seja apenas uma das formas de racionalidade existentes no mundo, a *razão metonímica* afirma-se como uma razão exclusiva e completa e não é capaz de aceitar que a compreensão do mundo transcende a compreensão ocidental do mundo. Em sua forma mais acabada de totalidade, a *razão metonímica* consegue orientar os debates em termos de uma simetria dicotômica, justo porque, através da falsa simetria horizontal, consegue esconder a verdadeira hierarquia vertical: cultura científica /cultura humanística; conhecimento científico /conhecimento tradicional; homem/mulher; cultura/natureza; civilizado/primitivo; branco/ negro; Norte/Sul; Ocidente/Oriente etc. Nada pode ser inteligível fora desta dualidade e não é admissível vida própria a nenhuma das partes fora desta relação dicotômica. Portanto, conclui Santos: a modernidade ocidental, dominada pela *razão metonímica,* desenvolve uma compreensão limitada do mundo e de si mesma.

---

38 Para uma visão mais profunda sobre a questão do universalismo, recomendamos a obra de Immanuel Wallerstein *"O universalismo europeu: a retórica do poder"*.

Por outro lado, a supremacia marginal do Ocidente nunca se transformou numa centralidade alternativa ao Oriente e a força da *razão metonímica* se revela como uma força minada de fraqueza que, insegura de seus fundamentos não se insere no mundo pela via do argumento e da retórica, mas se impõe pela eficácia de suas produções. Ao invés da razoabilidade da argumentação e do consenso comunicativo, a *razão metonímica* se impõe pela produtividade e a coerção legal. Nesse caso, as transformações do mundo nunca podem ser transformações compreensíveis do mundo e esta inadequação entre transformação e compreensão sempre resulta em violação, destruição e silenciamento.

Outros impasses paradoxais impostos pela *razão metonímica* são aqueles que, de certo modo, já foram sentidos e apontados pelos teóricos de Frankfurt: a riqueza dos acontecimentos traduzindo-se em pobreza das experiências e a velocidade das mudanças em sensação de estagnação. Mais uma vez a crítica de Santos é precisa e reveladora, sobretudo ao identificar na diminuição e subtração do mundo a arrogância da *razão metonímica*.

> Com isto, o que é considerado contemporâneo é uma parte muito reduzida do simultâneo. [...] A contração do presente esconde, assim, a maior parte da riqueza inesgotável das experiências sociais do mundo. Benjamin identificou o problema mas não as suas causas. A pobreza da experiência não é a expressão de uma carência, mas antes a expressão de uma arrogância, a arrogância de não se querer ver, nem muito menos valorizar a experiência que

> nos cerca apenas porque está fora da razão com que a podemos identificar e valorizar (SANTOS, 2004b, p. 785).

Enquanto a arrogância da *razão metonímica* minimiza e desvaloriza as experiências produzindo uma estranha contração do presente, a *razão proléptica* fundamentada na monocultura do tempo linear dilata enormemente o futuro. Se a história é orientada pelo sentido de progresso e não existem limites para o progresso, o futuro é, por conseguinte, um futuro infinito. Nesse caso, a crítica da *razão indolente* é fundamental para recuperar as experiências desperdiçadas.

A tese de Santos orienta-se em duas direções principais: enquanto a crítica da *razão metonímica,* desenvolvida através de uma *sociologia das ausências,* visa a uma dilatação do presente, a crítica da *razão proléptica,* apoiada em uma sociologia *das emergências,* objetiva a uma contração do futuro.

Do nosso ponto de vista, a grande novidade da crítica de Santos é o fato de que ela se insere no caminho das possibilidades, isto é, não se limita a uma crítica que se encerra em si mesma, mas dirige-se a horizontes utópicos. Se a razão indolente centrou-se na *realidade* e na *necessidade,* e a ciência moderna foi o veículo principal desta concepção, Santos sugere uma nova centralidade baseada na categoria mais negligenciada pela ciência moderna: *a possibilidade*. É justo com base neste princípio de possibilidade que, no capítulo seguinte, enfrentamos o debate em torno dos sinais que apontam o nascimento de uma nova ciência e de um novo senso comum.

Capítulo III

Uma nova ciência para um novo senso comum

"A utopia é, assim, o realismo desesperado
de uma espera que se permite lutar
pelo conteúdo da espera..."
(Boaventura Santos).

Uma nova ciência como utopia necessária

No contexto de uma ciência cada dia mais ousada em suas inovações tecnológicas, que parece seguir uma marcha inexorável e imune a qualquer obstaculização de natureza crítica, não é tarefa simples defender a tese da emergência possível e necessária de uma nova ciência. Uma ciência que, além de outras características peculiares, pretenda-se comunicativa e popular.

Felizmente não estamos construindo uma trilha solitária, mas um percurso compartilhado por outros importantes desbravadores que, não obstante diferentes orientações teóricas reconhecem, na confluência de algumas crises, se não o prenúncio, pelo menos a possibilidade e necessidade de um novo paradigma[39] científico. A título

39 Embora não se trate de um novo modelo universal que possa abrigar-se nos limites de um outro *paradigma*, usaremos a terminologia kuhniana, mas apenas no sentido da novidade revolucionária. Em outros momentos, usaremos o termo *uma nova ciência*, no sentido de apontar o caráter inovador de algumas novas teorias e concepções que se desenvolveram ao longo do século XX.

de exemplo, poderíamos citar, entre muitos outros, os nomes de Prigogine (1996, 1993); Prigogine e Stengers (1997); Maturana e Varella (2002); Vandana Shiva (2001); Hugh Lacey (2004b, 2007b); Edgar Morin (2003); Jurgen Habermas (1983,1997) e Boaventura Santos (2000, 2003, 2004a ,2004b, 2005,).

Um fato muito curioso e que servirá para ilustrar a nossa discussão neste capítulo é a constatação de que as duas mais importantes revoluções e crises no contexto da física clássica, a teoria da relatividade e a mecânica quântica, firmaram-se como novidades científicas em torno do reconhecimento de algumas impossibilidades. No caso da teoria da relatividade, a impossibilidade de estabelecer comunicação desprezando os limites da velocidade da luz, e na mecânica quântica, o reconhecimento da impossibilidade de medir, simultaneamente, a posição e o momento de um elétron.

Curiosamente, o conceito de entropia também se fundamenta no reconhecimento de uma impossibilidade que demarca os limites de nosso poder de apreensão da realidade. Neste caso, conforme reconhece Prigogine (1993), a entropia seria o conceito-chave pelo qual o segundo princípio se ligaria às duas outras revoluções anteriormente mencionadas.

Como veremos a seguir, o segundo princípio da termodinâmica nos remete ao conceito de irreversibilidade temporal, com uma consequente quebra de simetria temporal, e o abandono das condições iniciais, além da introdução de espontaneidades no universo da física. De acordo com Prigogine (1993), essa evolução impõe limites

ao nosso poder de manipulação em dois campos: ela nos fornece um local de atividade no seio da natureza e nos retira da posição de sobrevoo à qual a física clássica nos havia relegado.

Conforme já discutimos no capítulo anterior, foi no contexto da termodinâmica que surgiu um dos primeiros e mais importantes impasses no caminho do projeto universal e determinístico da ciência moderna. É também a partir desta crise que mais tarde se estabelecerá uma das principais e mais inovadoras características da nova ciência: o fim das certezas e da onipotência e o estabelecimento de uma nova aliança entre a história dos homens, seus saberes e sua ciência.

A questão não é nova, mas a resposta construída, a partir das pesquisas em termodinâmica não-linear em seu encontro com a biologia molecular, aponta para um caminho muito diferente daquele que fora construído a partir da ciência moderna. Estamos nos referindo ao antigo dilema do determinismo que, de acordo com Prigogine (1996), só encontrará uma solução satisfatória no encontro com o tempo, dimensão fundamental da existência humana.

Se somos parte da natureza e cada evento é sempre causado por um outro que o antecede, é possível que a vida humana seja completamente governada por leis naturais. Se por um lado nos parece seguro e confortável a existência de uma ordem superior e natural governando tudo, por outro, também nos afigura incômoda a ideia de sermos completamente determinados, previsíveis e sem nenhuma liberdade. Gostamos de reconhecer o nosso livre arbítrio e a nossa capacidade criativa diante do mundo.

Mas é justamente esse impulso criativo que se desenvolve fascinado pela regularidade e a quase inacreditável possibilidade de poder compreender e planejar o futuro. A coisa mais incompreensível sobre o universo, como havia reconhecido Einstein, é que ele é passível de compreensão.

Em outras palavras, o futuro é determinado ou está em perpétua construção? Qual o verdadeiro lugar de nossa liberdade e do nosso livre arbítrio? É este o dilema do determinismo que, conforme Prigogine (1996) aparece como um desafio a nossa relação com o mundo e com o tempo.

Caso se acredite, como nos lembra Hawking (1988), que o universo não é arbitrário, mas governado por “leis” bem definidas, e se de fato há uma teoria completa e unificada, ela certamente determinará as nossas ações. Se as leis físicas não tinham a pretensão de negar o *devir* em nome da verdade do *ser*, ao procurar descrever a mudança, os movimentos caracterizados por velocidades ao longo do tempo, seus enunciados acabaram constituindo o triunfo do *ser* sobre o *devir* (PRIGOGINE, 1996).

Ao estabelecer para a lei de queda dos corpos uma dependência *temporal* e não espacial, Galileu introduziu definitivamente o tempo como quantidade física reversível e fundamental ao estudo dos movimentos. Diferente do que pensava Aristóteles, acreditava que o tempo era contínuo, com infinitos instantes, podendo ser representado por intermédio de um segmento de reta.

Portanto, a mecânica clássica já nasce como uma teoria determinista e reversível temporalmente, ou seja, se levarmos $t \rightarrow -t$, a segunda lei de Newton $F = md^2x / dt^2$, assim como a primeira, a terceira e a lei de Gravitação universal

$F = Gm_1m_2 / r^2$, permanecem invariantes (MARTINS 2007). E, embora a mecânica quântica e a teoria da relatividade a tenha revolucionado em muitos aspectos, sua simetria e seu determinismo não foram suficientemente abalados.

Levado às últimas consequências, esse pensamento vai de encontro ao livre arbítrio, à criatividade e à responsabilidade do homem perante seus atos. A esse respeito, Einstein tinha uma visão especialmente clara.

> Se a Lua, enquanto efetua o seu eterno curso ao redor da Terra, fosse dotada de consciência de si mesma, estaria profundamente convencida de que se move por sua própria vontade, em função de uma decisão tomada de uma vez por todas. Da mesma forma, um ser dotado de uma percepção superior e de uma inteligência mais perfeita, ao olhar o homem e suas obras, sorriria da ilusão que esse homem tem de agir segundo a sua própria vontade livre (apud PRIGOGINE, 1996, p.20).

Como se percebe, Einstein assume uma posição radical que, de seu ponto de vista, era a única compatível com os ensinamentos da ciência. Contudo, convenhamos, esta não é uma propositura simples de aceitar, e neste particular, temos que concordar com Popper quando afirma:

> Considero o determinismo laplaciano, confirmado como parece estar, pelo determinismo das teorias físicas e pelo brilhante sucesso delas – o obstáculo mais sólido e mais sério no caminho de uma explicação e de uma apologia da liberdade, da criatividade e da responsabilidade humanas (apud PRIGOGINE, 1996, p.21).

De acordo com Popper, o determinismo torna impossível o encontro do homem com a realidade e só no *tempo* e na mudança encontraremos o fundamento essencial do realismo. A existência do tempo, conforme pergunta Bergson (1984), não provaria que há certa indeterminação nas coisas? Como uma teoria reversível e determinista pode, então, acomodar o indeterminismo associado à irreversibilidade do tempo? Na realidade, esta é uma questão aberta, em que o debate parece estar apenas começando.

Conforme já observamos, a própria física não se constitui nem nunca se constituiu em uma ciência monolítica e já, no século XIX, podemos verificar duas correntes bastante adversas a esse respeito. A primeira representada pela mecânica newtoniana, como protagonista de um universo estático e determinístico, e a segunda pela termodinâmica, oferecendo uma descrição evolutiva, associada à entropia e à irreversibilidade[40].

Se, conforme acredita Prigogine (1996), o crescimento da entropia designa a direção do futuro, quer no nível de um sistema local, quer no nível do universo como um todo, contrariando a mecânica newtoniana, o tempo que nasce do seio da Termodinâmica é mais próximo do tempo concebido pelo devenir heracliano e pela acepção do senso comum. No entanto, como sugere Bem-Dov (1996), o tempo da irreversibilidade termodinâmica não é mais otimista que o da mecânica de Newton e aponta para o caminho da degenerescência e destruição na qual a ordem e a informação desaparecem progressivamente e o universo tende a um estado homogêneo de equilíbrio e morte.

40 Ver maiores detalhes no capítulo III, seção 3.3.

Se por um lado, a mecânica, com suas leis deterministas, não permite qualquer novidade ou futuro surpreendente, a termodinâmica dos sistemas em equilíbrio, embora sugira a permanente possibilidade do novo, conduz a um resultado de fundo metafísico, postulando um fatal e inexorável caminho rumo ao equilíbrio que, seguramente poderíamos assemelhar à eternidade do Ser parmenidiano. No entanto, novas descobertas no universo da própria física apontam na direção de uma perspectiva diferente, em que a irreversibilidade não pode mais ser associada apenas a um aumento da desordem.

De acordo com Prigogine (1996), os desenvolvimentos recentes da física e da química do não-equilíbrio demonstram que a seta do tempo pode ser uma fonte de ordem. Um exemplo simples são as moléculas de hidrogênio e de nitrogênio que, dentro de uma caixa fechada, evoluirão para uma mistura uniforme. Mas ao aquecermos uma das partes da caixa, mantendo a outra mais fria, o sistema evolui para um estado estacionário onde as moléculas de hidrogênio concentram-se mais na parte quente e o nitrogênio na parte mais fria. A entropia produzida pelo fluxo de calor, um fenômeno irreversível, destrói a homogeneidade da mistura e gera ordem em um processo que seria impossível sem o fluxo de calor. A irreversibilidade conduz, ao mesmo tempo, à ordem e à desordem.

> ... é graças aos processos irreversíveis, associados à flecha do tempo que a natureza realiza suas estruturas mais delicadas e mais complexas. A vida só é possível num universo longe do equilíbrio. O desenvolvimento notável da física e da química de não-equilíbrio nestas últimas décadas reforça, portanto, as

> conclusões apresentadas em *A nova aliança*: 1. Os processos irreversíveis (associados à flecha do tempo) são tão reais quanto os processos descritos pelas leis tradicionais da física; não podem ser interpretados como aproximações das leis fundamentais. 2. Os processos irreversíveis desempenham um papel construtivo na natureza. 3. A irreversibilidade exige uma extensão da dinâmica (PRIGOGINE, 1996, p. 30).

Seria então a seta do tempo resultado de algum processo mais elementar da natureza? A física de partículas elementares parece dizer que sim. Ao menos é o que indica o estudo de um tipo de *méson* criado em colisões nucleares, chamado *Káon*. O *Káon* neutro, K^0, transforma-se espontaneamente na sua antipartícula K^{-0} e vice-versa. Contudo, embora a transformação káon/anti-káon seja simétrica, na transformação antikáon-káon, o káon permanece mais tempo como anti-káon do que como káon. Essa assimetria sugere a existência de uma seta do tempo presente no mundo das partículas elementares (MARTINS, 2007).

No entender de Prigogine (1996), ao longo das últimas décadas do século XX, observa-se o nascimento de uma nova ciência: *a física dos processos de não equilíbrio*. Essa nova ciência inaugura novos conceitos, tais como: o conceito de auto-organização e as estruturas dissipativas, muito importante para os novos estudos nas áreas de cosmologia, ecologia, química, ciências biológicas e ciências sociais.

Conforme o químico belga, ao estudar os processos dissipativos caracterizados por um tempo unidirecional, a nova física de não equilíbrio confere um novo significado

à irreversibilidade e esta nova forma de ver as coisas, considerando uma flecha do tempo, propicia o entendimento da ordem biológica orientada para uma complexidade cada vez maior e para a possibilidade de inovações que recupera um traço fundamental da natureza humana, tornando-o extensivo a toda a natureza: *a criatividade*. Com efeito, no contexto de uma termodinâmica não-linear e de não-equilíbrio, são aceitáveis os fenômenos de auto-organização e associações intercelulares que resultam na formação de organismos mais complexos. "Sem a coerência dos processos irreversíveis de não equilíbrio, o aparecimento da vida na Terra seria inconcebível" (PRIGOGINE, 1996, p.12).

Mesmo no que diz respeito ao modelo cosmológico padrão que estabelece o *big bang* como resposta para o nascimento do tempo, Prigogine apresenta uma visão distinta e coerente com sua defesa da irreversibilidade temporal. Para o autor, o tempo precede a criação do universo e o *big bang*, além de não ser uma singularidade, não significa o começo do tempo, mas apenas instabilidade e mudança de fase em um processo que se desenvolve em escala maior. O universo, tal como nós o concebemos atualmente é, na verdade, o resultado de uma transformação irreversível e provém de um outro estado físico. Se o universo tem uma idade, o meio, cuja instabilidade produziu este universo, não a teria.

Em "Uma nova Aliança", Prigogine (1997) revela sua inquietação mediante duas afirmações profundas e distintas: a do bioquímico Jacques Monod e a do filósofo Henri Bergson. O primeiro ao constatar que "a velha aliança rompeu-se; o homem sabe finalmente que está só na imensidão

indiferente do universo de que emergiu por acaso"; e o segundo ao reconhecer que "o tempo é invenção ou não é absolutamente nada".

> O Universo dura. Quanto mais nos aprofundarmos sobre a natureza do tempo, melhor compreenderemos que duração significa invenção, criação de formas, elaboração contínua do absolutamente novo (BERGSON, apud PRIGOGINE, 1997 p.15).

A nova ciência anunciada por Prigogine, com a qual queremos compartilhar, é uma ciência que não fala mais de um homem solitário em um universo que lhe é estranho, e sim de uma nova e eterna aliança do homem com a natureza que ele descreve. O futuro não é dado, mas está em perpétua construção, e é nesse permanente devenir que encontramos lugar para nossa liberdade. Embora careçamos de leis que nos permitam marchar com segurança, é no caos e na incerteza que encontramos a possibilidade da criação, da novidade e da vida.

Com efeito, embora o projeto reducionista, unificador, universal e determinístico tenha possibilitado os reconhecidos feitos da ciência moderna, também interditou muitas outras formas de apreensão da realidade e, levado às últimas consequências, acabou por inviabilizar o encontro do homem com a realidade, isolando-o do universo no qual, estranhamente teria surgido.

Este programa a quem Bastos Filho (2005) denominou de *reducionista unificador,* revelou-se insuficiente para dar conta de muitos aspectos de uma realidade cada vez mais

reconhecida pela sua inerente complexidade[41]. A ciência emergente reconhece as limitações de tal projeto e a sua inevitável superação. Se, enquanto método, o reducionismo pode ser útil, a sua generalização epistemológica é nociva e incompatível com as características da nova ciência. O ambicioso projeto de Galileu e Kepler, que pretendia abandonar as qualidades secundárias, reduzindo-as direta e absolutamente a qualidades primárias, revelou-se inadequado principalmente porque existe uma essencial irredutibilidade das qualidades secundárias às qualidades primárias.

O pensamento científico emergente não defende mais a tese de que, com base em princípios elementares, seja possível avançar para níveis superiores reconstruindo a realidade a partir de elementos básicos. De acordo com Philip Anderson, por exemplo:

> A hipótese reducionista não implica de maneira alguma na tese construcionista; a capacidade para reduzir tudo a simples leis fundamentais não implica na capacidade de partir dessas leis e reconstruir o universo. De fato, tanto mais os físicos de partículas nos falam sobre a natureza das leis fundamentais, menos relevância elas parecem ter para os problemas reais do resto da ciência e muito menos ainda para aqueles da sociedade (apud BASTOS FILHO, 2005, p.73).

41 Numa das mais importantes e influentes obras que tratam da emergência dos estudos sobre a complexidade, Lewin descrevia-a como uma "ciência emergente" relacionada aos fenômenos da "vida à beira do caos". Uma década depois, num outro tratamento geral do tema da complexidade, Taylor a define como um fenômeno transversal às ciências, às humanidades, às artes, à religião e à educação, associando-a a "aceleração da mudança" no mundo pós-Guerra Fria e ao surgimento de uma "cultura de rede" (NUNES, 2004).

Se, desde certo período da aventura histórica do conhecimento humano, tornou-se possível reduzir toda a realidade a simples leis fundamentais, isto não significa que, a partir dessas leis o universo possa ser reconstruído. Se, a partir da formulação de frases e palavras tornou-se possível a elaboração da simbologia elementar das letras, isto não significa que a partir destas seja possível reconstruir as palavras e as frases, os textos e os poemas. Na realidade, palavras e poemas são mais que letras, assim como o universo é muito mais que simples partículas e campos.

Embora alguns simpatizantes do discurso científico tentem se utilizar de alguns conhecimentos da mecânica quântica e da física de partículas elementares para justificar misteriosas influências verificadas em nível macroscópico, o fato é que as descobertas nos domínios das partículas elementares, reconhecidamente o nível mais fundamental de toda a ciência, são quase que completamente estranhas ao universo macroscópico que envolve as questões cotidianas e de senso comum.

Para Atlan (1993), é um erro considerar influências da mecânica quântica em outros domínios, porque o nível em que estão situadas estas experiências é subatômico e não tem nada em comum com o da matéria macroscópica. Ao descobrirmos uma complementaridade entre ondas e corpúsculos nos domínios da mecânica quântica, podemos considerar todas as consequências filosóficas deste modelo, mas sem tirá-lo do seu contexto.

Não existe um elo trivial entre esses dois mundos reconhecidamente relacionados. E, conforme reconhece Bastos Filho (2005, p.73), há, de fato, uma 'cesura' e uma

descontinuidade entre cada um dos níveis de conhecimento, de modo que, o mais detalhado e extensivamente abrangente do nível mais baixo não contribui de maneira relevante para o conhecimento em níveis mais altos. Embora haja uma reconhecida relação, há também uma estranha e paradoxal incomensurabilidade entre os diversos níveis de conhecimento.

A nova ciência estabelece um claro recorte com o paradigma anterior, desferindo um duro golpe no projeto reducionista unificador que melhor se expressa na conclusão a que chega Bastos Filho.

> Esses resultados têm uma grande importância, pois eles revelam que as mudanças qualitativas ocorrendo nesse nível mais alto de descrição nada têm a ver com os detalhes que têm lugar em níveis mais baixos. Em outras palavras, isso significa que essas qualidades do nível mais alto são **emergências reais** nesse nível e não conseqüências eventuais de detalhes em nível mais baixo. Trata-se de uma estupenda limitação do ideal reducionista unificador (2005, p.75).

De certa forma, reencontramos a tese de Prigogine quando se refere aos processos criativos somente possíveis no contexto da irreversibilidade temporal. As emergências reais e próprias de cada nível não são determinadas a partir de certas configurações descritas em níveis mais elementares, mas constituem emergências originais, únicas e fortemente vinculadas ao seu próprio contexto.

Embora importantes nomes da comunidade científica ainda se posicionem contra o *emergentismo* e defendam a antiga tese do *construcionismo* e de uma teoria final que permitiria uma explicação completa de tudo, a maioria dos físicos brasileiros parece não compartilhar mais dessa ideia.

Em recente pesquisa acerca desse assunto, Zylbersztajn (2003) reuniu a opinião de 152 físicos ligados à Sociedade Brasileira de Física (SBF). Confrontados com sete pequenos textos relacionados aos problemas do construcionismo, emergentismo e teoria final, os entrevistados poderiam emitir os seguintes pareceres seguidos de livres comentários: muito de acordo, de acordo, indiferente, em desacordo, muito em desacordo.

Conforme os resultados dessa pesquisa de Zylbersztajn (2003), analisada em maiores detalhes por Bastos Filho (2005), a grande maioria dos entrevistados rejeitou o ponto de vista construcionista, revelando uma tendência majoritária contrária ao projeto reducionista unificador até então protagonizado pela ciência moderna. Em certa medida, podemos afirmar que a ciência emergente já encontra lugar na comunidade científica brasileira e os resultados do estudo de Zylbersztajn confirmam certa tendência para uma nova visão, mais próxima desse novo paradigma científico. Tal posicionamento não é algo absolutamente dado ou deterministicamente garantido, podendo ser identificado através de algumas características a serem reforçadas e construídas ao longo da história. Se, por um lado, esse novo paradigma pode ser identificado a partir dos sinais produzidos no interior das crises enfrentadas pelo modelo vigente, por outro, não é diretamente determinado por ele.

Embora o projeto reducionista unificador, sugerido por Galileu e aperfeiçoado ao longo de todo o desenvolvimento posterior da mecânica, tenha sido de inestimável importância para a consolidação da ciência moderna, a redução de todas as qualidades ligadas aos sentidos (qualidades secundárias) às qualidades primárias que, na realidade, se traduzem em quantidades matemáticas, representou e ainda representa uma enorme lacuna no processo de compreensão profunda da realidade. É necessário reconhecer que a ciência moderna produz conhecimentos e desconhecimentos e as especialidades estão muito próximas da ignorância. A esse respeito, é muito oportuna a citação de Burtt referindo-se ao advento vitorioso da ciência moderna.

> O Universo gloriosamente romântico de Dante e Milton, que não impunha limites à imaginação do homem, à medida que brincava no espaço e no tempo, fora varrido. O espaço estava identificado ao reino da geometria, o tempo à continuidade do número. O mundo em que a gente havia imaginado viver, – um mundo rico de cores e sons, perfumado, cheio de alegria, de amor, de beleza, falando em toda parte de harmonia intencional e ideais criadores – achava-se, por fim, apinhado em diminutos cantos dos cérebros de seres orgânicos disseminados. O mundo exterior, realmente, era um mundo frio, duro, sem cores, silencioso, morto, um mundo de quantidade, um mundo de movimento matematicamente calculável em regularidade mecânica. O mundo de qualidades imediatamente percebido pelo homem tornou-se um efeito curioso e muito menos importante da máquina infinita posta além (apud BASTOS FILHO, p. 82).

A nova ciência, embora reconheça a importância e o alcance das explicações obtidas através das abstrações permitidas pela linguagem matemática, compreende que nem todos os aspectos da realidade podem ser reduzidos aos limites de uma única linguagem. De fato, como reconhece Floriani (2000), cada gênero de pensamento, inclusive o pensamento matemático, é apenas uma abstração incapaz de abarcar a realidade em sua totalidade. O universo é mais complexo do que se imagina e muito diferente daquilo que falamos a seu respeito, porque, como diria David Bohm, aquilo de que desejamos falar não são palavras. Essa convicção exige um permanente acordo democrático entre os diversos níveis de apreensão da realidade.

> Em uma época científica mais ingênua, pensou-se que a subjetividade pertencia ao domínio da ilusão, que era preciso rejeitá-la, e que somente o saber objetivo era verdadeiro. Hoje se sabe bem que isso é falso. Essa subjetividade não é uma ilusão, é uma outra parte do real, não menos importante (ATLAN, 1993, p. 55).

Portanto, os sabores, os cheiros, as apreciações estéticas e os sentimentos humanos não podem ser reduzidos a uma qualificação de segunda categoria. Assombrado e encolhido diante de suas próprias conquistas, o homem moderno corre o risco de secundarizar a si mesmo e a vida do planeta. Contrário a esse projeto, o paradigma emergente caracteriza-se principalmente por uma nova postura diante dos saberes de senso comum.

Enquanto a ciência moderna se constituiu a partir da ruptura epistemológica com o senso comum, a nova ciência deve orientar-se no sentido de uma segunda ruptura epistemológica que, conforme lembra Santos (2003), além de possibilitar o reencontro e a reabilitação dos saberes cotidianos, favorece a uma realimentação da própria ciência que, embora continue produzindo conhecimentos específicos e diferenciados, entende que esses conhecimentos devem ser popularizados e convertidos em senso comum, autoconhecimento e sabedoria de vida.

Nesse sentido, o paradigma científico emergente não pode ser apenas um novo modelo científico, mas, orientado pelo princípio da precaução, deve conduzir a um conhecimento prudente que, de acordo com Santos (2004a, 2004b), assume como centralidade o projeto de uma vida decente.

Embora a ciência moderna tenha desenvolvido uma capacidade desmedida para a ação, não desenvolveu habilidade semelhante na previsão de consequências. Este desequilíbrio entre ação e consequência possibilitou a mitificação do progresso e a justificação do conhecimento pelo conhecimento, permitindo um profundo conhecimento funcional do mundo e alargando as perspectivas de sobrevivência da espécie humana. Ao mesmo tempo, elevou ao extremo os riscos de destruição completa do planeta. Este novo contexto de risco, nunca experimentado em períodos anteriores à ciência, exige mais que simples dados de sobrevivência. Não basta sobreviver, mas urge reaprender a viver, reconhecendo e eliminando os riscos de nossas intervenções no mundo.

Com efeito, a ciência emergente sinaliza para uma outra modalidade de conhecimento mais compreensivo e íntimo que procura integrar o homem à realidade que estuda. Menos agressiva e mais compreensiva, afasta-se do conhecimento como pura expressão de poder, transgredindo os limites impostos pela racionalidade cognitivo-instrumental moderna, para recuperar aspectos fundamentais de uma racionalidade ética e estético-expressiva.

Em meio a essa confluência revolucionária, um traço marcante do paradigma nascente é o questionamento das antigas dicotomias sujeito/objeto; cultura/natureza; idealismo/materialismo; observador/observado que, por coerência deverá apontar para o fim da conhecida dualidade, ciências naturais/ciências sociais. Se a ciência moderna, dentro de um projeto cartesiano, desenvolveu-se considerando uma separação clara entre a *res cogitans e a res extensa*, ao avançar numa compreensão mais sutil da matéria estendida, confrontou-se com uma estrutura complexa, somente compreensível dentro de articulações matemáticas que, traduzidas em tecnologia, *redefinem* a matéria em um outro patamar. Portanto, a *res extensa* perde o seu caráter de substância independente e a cisão do mundo em processos objetivos de um lado e a mente na qual esses processos são refletidos, do outro, não é mais um ponto de vista apropriado ao paradigma científico emergente. Se a coisa em si realmente existisse, conforme pensou Heisenberg, seria uma estrutura matemática que, paradoxalmente ao que sugeriu Kant, dependeria indiretamente da experiência. Nesse caso, o esforço desenvolvido no sentido de estabelecer uma objetividade, a mais rígida possível, conduziu a uma crescente e estranha desmaterialização e subjetivação

da natureza. Na física de partículas, por exemplo, a matéria é definida a partir de suas relações com as experiências humanas e pelas leis estabelecidas através da matemática, ou seja, como objeto intelectual e passível de manipulação. Considerados estes pressupostos, o paradigma emergente orienta a produção do conhecimento por caminhos que se afastam das antigas e conhecidas dualidades, que passam a ser encaradas de maneira não trivial e como relações complexas, estabelecendo fronteiras diferentes entre conhecimento científico-natural e conhecimento científico-social.

Conforme Maturana e Varella (2002), não há uma descontinuidade entre o social, o humano e suas raízes biológicas, ou seja, o fenômeno do conhecimento é um todo integrado e fundamentado da mesma forma em todos os seus âmbitos.

> ... estamos num mundo. No entanto, quando examinarmos mais como chegamos a conhecer esse mundo, descobriremos sempre que não podemos separar nossa história das ações – biológicas e sociais – a partir das quais ele aparece para nós (Idem, p.28).

De fato, os estudos em ciência, tecnologia e sociedade demonstram as ciências modernas como resultados emergentes de uma construção[42] dinâmica que, no mínimo, envolve atores humanos, seres vivos, materiais diversos,

42 Por construção entende-se o processo através do qual elementos ou entidades heterogêneas (actores humanos, outros seres vivos, instrumentos, materiais, recursos institucionais, competências, tecnologias) são articuladas de modo a dar origem a algo que não existia antes, e que não se limita a uma simples soma dos elementos previamente existentes (NUNES, 2004).

instrumentos, competências, apoio institucional e muito recurso financeiro (NUNES, 2004; LATOUR, 2000). Nesse caso, tanto o conhecimento natural como os objetos tecnológicos são construções humanas e a distinção simplista entre o real e o construído perde completamente o sentido. Todas as ciências são, portanto, humanas e sociais.

Este ponto de vista pode ser evidenciado através da emergência de novos campos de investigação que não se completam ou identificam apenas no contexto das ciências naturais ou no quadro das ciências sociais, mas que transcendem os antigos obstáculos entre as ciências, inaugurando importantes projetos interdisciplinares. Como exemplos de problemas atratores, podemos destacar: o aquecimento global e as mudanças climáticas, as ciências ambientais, os projetos ecológicos, os estudos da biodiversidade, as ciências cognitivas, além de muitos outros temas que, embora aparentemente dissociados, na verdade participam de uma realidade complexa e inerentemente implicada.

Uma outra característica fundamental do paradigma científico nascente e que está diretamente vinculada à anterior é a clara tendência para romper com a fragmentação disciplinar estabelecida ao longo do projeto de edificação da ciência moderna. Projeto que, em suas últimas consequências, aprofundou demasiadamente as especificidades não compartilhadas e conduziu ao isolamento e à esterilidade improdutiva de algumas disciplinas. Neste processo, que vai se tornando mais ou menos claro ao longo da década de noventa, o crescente número de novas especialidades, confinadas em estruturas departamentais acadêmicas, tornou-se insuficiente para dar resposta a uma realidade cada dia mais complexa.

De acordo com Nunes (2004), a expansão da crise do paradigma científico hegemônico e os sinais de uma ciência emergente coincidem com uma série de transformações ocorridas na sociedade a partir da década de oitenta e que se desenvolve durante toda a década de 1990, até alcançar os dias de hoje. Com o fim da Guerra Fria, por exemplo, verifica-se uma forte retração dos recursos destinados a projetos relacionados às pesquisas direta ou indiretamente vinculadas à criação de novas tecnologias orientadas para a indústria da guerra. Neste processo, a física foi uma das ciências mais prejudicadas e a suspensão do gigantesco projeto para a construção de um superacelerador de partículas nos Estados Unidos, no início da década de noventa, confirma este fato.

Por outro lado, a ascensão das ciências da vida – com particular destaque para a Genética em sua conhecida e controvertida relação com o projeto de mapeamento do Genoma Humano – passou a ocupar lugar de destaque nos principais debates científicos da década de noventa, prosseguindo como discussão central até os dias atuais. Se, como já adiantamos aqui, o paradigma emergente envolve questões relacionadas ao fim das certezas, à irreversibilidade temporal, à auto-organização a partir do caos e outras características conflitantes com o modelo anterior, a ascensão das ciências ligadas à vida, colocará novas questões que, para além das especificidades disciplinares, exigirá o enfrentamento de problemas com implicações transversais às diferentes disciplinas.

É nesse contexto que nascem as novas experiências interdisciplinares e transdisciplinares em projetos que requerem o envolvimento da ciência com outras questões,

mas, sobretudo, com as questões socioambientais. Os estudos em ciência e meio ambiente e de ciências, tecnologia e sociedade são exemplos importantes desses novos espaços alargadores dos horizontes disciplinares e que reúnem cientistas de várias áreas diferentes, num esforço conjunto por compreender a realidade em uma totalidade maior, levando em consideração diversos aspectos, certamente negligenciados em uma visão disciplinar mais estreita. Talvez o ensino de ciências revele com alguma vantagem esse processo de transformação que estamos reconhecendo como o prenúncio de um novo paradigma científico. Em suas Orientações Educacionais Complementares, os Parâmetros Curriculares Nacionais (2002) sugerem uma nova contextualização sociocultural para o ensino das ciências, de modo que, o conhecimento científico e tecnológico seja compreendido como resultado de uma construção humana, inserida em um processo histórico e social mais amplo, que o revele como integrante da cultura geral. Alguns estudos e artigos recentes revelam, de maneira clara, os sinais dessa nova tendência. “Salvador Dali e a mecânica quântica”, Costa (2007); “Ciência e Arte: Vermeer, Huygens e Leeuwenhoek” , Barbosa-Lima (2007); “Teatro e Educação Ambiental: uma experiência no ensino fundamental” Silveira (2007); “Física e Cultura” Zanetic (2005); “Quando o Sujeito se Torna Pessoa: uma articulação possível entre Poesia e Ensino de Física” Barbosa-Lima (2004); “Física e Arte: uma ponte entre as duas culturas” Zanetic (2006). É claro que esta é uma amostra muito pequena dentro do universo de publicações dessa natureza, mas serve para ilustrar o argumento que estamos defendendo aqui.

Por outro lado, a nova maneira de ensinar ciências será fundamental para a formação de cientistas comprometidos com o modelo nascente que, não custa repetir, entre outras características, deve orientar-se pela precaução de um conhecimento prudente, democrático e comunicativo.

No contexto do paradigma emergente, as novas tecnologias devem considerar os impactos provocados nos ecossistemas; a medicina deverá reencontrar o doente e não as doenças isoladas; os remédios e as novas fórmulas químicas reorientam-se pelos riscos dos efeitos colaterais, as indústrias de biotecnologia são questionadas a levar em consideração os impactos ambientais, as investigações genéticas são avaliadas e pressionadas a considerar os apelos sociais, enfim, todas as ciências voltarão o "olhar" para uma totalidade mais ampla e que transcenda os necessários, mas reconhecidamente limitados, pontos de vista específicos.

Na medicina e na produção de alimentos, por exemplo, já se verifica uma via de mão dupla que ultrapassa o monopólio, a credibilidade e a eficácia do discurso científico veiculado através da alopatia e da farmacologia tradicional, contrapondo-lhe o contraefeito produzido por movimentos sociais alternativos em favor de novas formas de tratamento e novos medicamentos homeopáticos. Como consequência, os órgãos especializados absorvem parte dessa crítica e incorporam algumas das reivindicações mais amplas da sociedade (FLORIANI, 2000).

Nesse sentido, o novo espaço que nasce com o paradigma científico emergente é um espaço que, além de físicos, químicos, matemáticos, engenheiros e biólogos, abrigará também, sociólogos, historiadores, antropólogos,

filósofos, cientistas políticos, psicólogos, ambientalistas, movimentos sociais, organizações não-governamentais, órgãos de defesa dos direitos humanos e muitas outras formas de saberes negligenciados pela academia moderna.

Por outro lado, conforme já adiantamos no capítulo anterior, o paradigma científico emergente orienta-se a partir de uma nova racionalidade que, embora não despreze, transcende o modelo de racionalidade cognitivo e instrumental moderno e avança para um modelo mais abrangente. É em Santos (2004b) que vamos encontrar uma caracterização deste modelo hegemônico de racionalidade, como também a formulação de uma crítica consistente e orientada pelo anúncio de possibilidades utópicas de um novo tipo de racionalidade.

De certa forma, no capítulo anterior, já adiantamos os fundamentos principais do pensamento de Santos em sua consistente crítica a certo tipo de racionalidade que ele definiu como *razão indolente*, isto é, uma razão preguiçosa que não se esforça no pensamento, acomodando-se na superfície das questões e ao abrigo do modelo de racionalidade herdeiro da ciência moderna. Em seus quatro formatos mais visíveis (metonímia, proléptica, impotente e arrogante), a razão indolente tem conseguido presidir os principais debates de nosso tempo, funcionando como uma barreira de contenção que obstaculiza o desenvolvimento de uma nova crítica mais consistente e genuína. Por conseguinte, para que haja uma mudança considerável na estruturação do conhecimento, é necessário construir um outro modelo de racionalidade que enfrente, de maneira contundente e criativa, as armadilhas e obstáculos postos pela razão indolente.

Contra o domínio da razão indolente, Santos (2004b) propõe uma *racionalidade cosmopolita* cujas características principais, na fase de transição, em que nos encontramos são: a expansão do presente e a contração do futuro. Se o modelo hegemônico de racionalidade estabeleceu como princípios a contração do presente e a dilatação do futuro, na contramão desse projeto, Santos sugere a construção de duas novas sociologias: para a expansão do presente, uma *sociologia das ausências* e para a contração do futuro, uma *sociologia das emergências*.

Sem dúvida, encontramo-nos diante de uma tese inovadora, fecunda e muito importante para os objetivos de nossa argumentação em defesa de uma ciência emergente que se pretende comunicativa e popular. Nesse sentido, o fato de estarmos confinados a um modelo de racionalidade que credita à ciência moderna o privilégio de único pensamento rigorosamente racional e desacredita de todas as outras formas e expressões de saberes, constitui um sério obstáculo no caminho de um diálogo horizontal entre saberes. É com base nesse princípio autoritário de razão única que são produzidas e reproduzidas as exclusões e ausências para as quais Santos chama a nossa atenção.

A princípio, temos que identificar as ausências, reconhecendo no não existente um não existente produzido ativamente como uma alternativa inviável ao que já existe, ou seja, como afirmação de uma realidade intransponível que anula o princípio de possibilidade. As exclusões e ausências não são contingenciais, pelo contrário, são produzidas ativamente com base no princípio de regulação que acabou por dominar pensamento da modernidade. Nesse contexto, o objetivo da sociologia das ausências é resgatar

o poder emancipatório do princípio de possibilidade, transformando objetos e objetivos impossíveis em possíveis e as ausências em emergências (SANTOS, 2004b).

Um exemplo que ilustra muito bem este fato são os estudos e pesquisas da biodiversidade que, sem o imprescindível auxílio e orientação dos saberes indígenas, dos guias e mateiros e das comunidades ribeirinhas, seria completamente impossível. No entanto, a visão indolente da ciência, como única fonte de saber, continua produzindo a ausência destes, como de muitos outros saberes que, uma vez sistematizados e apropriados pela ciência, são desqualificados e esquecidos.

Este modelo de racionalidade única tem produzido um enorme desperdício de experiências que, ao serem desconsideradas, passam a assumir o caráter de não existentes. A recusa em observar e considerar a riqueza que se passa no presente defronta-nos com outra característica da modernidade: uma estranha e crescente contração do tempo presente, fenômeno que se tornou possível a partir de uma concepção particular de totalidade que passou a definir o presente como um instante limite[43] entre o passado e o futuro.

A partir de uma visão linear do tempo, do mito do progresso e da planificação e presentificação do futuro, constrói-se uma estranha contração do presente e, de outro lado, a visão de um futuro que se projeta ao infinito. As ideias de progresso, crescimento e futuro infinitos têm esmagado e subsumido toda a riqueza e novidade das experiências presentes. E, só através de uma dilatação do presente, associada a uma contração do futuro, "será

43 Estamos utilizando uma aproximação do conceito de limite matemático.

possível criar o espaço-tempo necessário para conhecer e valorizar a inesgotável experiência social que está em curso no mundo de hoje" (SANTOS 2004b, p.779).

Enquanto a sociologia das ausências identifica e denuncia as ausências produzidas pela razão indolente, a sociologia das emergências procura resgatar e incorporar saberes e experiências humanas que, de acordo com Santos (2000), mesmo pequeninas, funcionam como embriões de alternativas, a exemplo da economia solidária, das cooperativas, dos micro-créditos e inúmeros outros projetos contrapostos ao modelo hegemônico do capitalismo global.

Contra a lógica do rigor e da monocultura do saber que estabeleceram a ciência moderna e a alta cultura humanista como critérios únicos de verdade e qualidade estética, convertendo-as no mais poderoso veículo de exclusão e produção de ausências, é necessário contrapor o que ele denomina de *ecologia de saberes*, isto é, a identificação e resgate de outros saberes e outros critérios de rigor cuja credibilidade e sentido são encontrados em outros contextos e práticas sociais, desconsiderados pela razão indolente.

> Essa credibilidade contextual deve ser considerada suficiente para que o saber em causa tenha legitimidade para participar de debates epistemológicos com outros saberes, nomeadamente, com o saber científico. A ideia central da sociologia das ausências neste domínio é que não há ignorância em geral nem saber em geral. [...] Deste princípio de incompletude de todos os saberes decorre a possibilidade de diálogo e disputa epistemológica entre os diferentes saberes (SANTOS, 2004b, p. 790).

Por outro lado, considerando que as inúmeras experiências sociais emergentes não podem ser reunidas em uma teoria geral e universal, será necessário um esforço permanente de tradução no sentido de tornar possível a comunicação entre as várias experiências, sem, contudo, prejudicar suas identidades particulares. Eis o desafio a que se expõem aqueles que pretendem atuar no universo a que estamos denominando de *popularização da ciência e tecnologia*. Como manter viva a relação com a cultura científica a qual pertencemos e, ao mesmo tempo, reconhecer os valores de outras práticas e saberes que a nossa cultura, de maneira autoritária, classificou como: inferior, superficial e ignorante?

Só apoiados em um outro referencial de ciência e em uma nova e diferente concepção de racionalidade, podemos enfrentar o desafio de uma comunicação transitiva e de um diálogo horizontal envolvendo os conhecimentos sistematizados da ciência e os saberes de senso comum.

Todo o nosso esforço concentra-se em demonstrar que não é qualquer visão de ciência que pode pretender-se *popular*. Esta adjetivação exige toda uma reformulação de pensamentos e atitudes que, naturalmente, são incompatíveis com alguns dos principais fundamentos da ciência moderna, sobretudo no que se refere a sua postura diante do senso comum.

Entre rupturas e continuidades: reencontrando o senso comum

Uma das primeiras questões que obstaculiza a busca de fundamentos teóricos para as práticas em *popularização da ciência e tecnologia* refere-se à problemática relação entre conhecimento científico e saberes de *senso comum*. Essas duas formas de conhecer parece excluírem-se em seus critérios de explicação da realidade. Desse modo, se a ciência desenvolve-se em clara negação aos saberes de *senso comum*, como afirmar a possibilidade de sua popularização? Como refazer um caminho inverso de reaproximação e diálogo entre estes dois discursos que pretendem explicar uma mesma realidade por caminhos tão flagrantemente diferentes?

Não é simples estabelecer com precisão o momento em que aparece um recorte entre conhecimentos de senso comum e conhecimentos de bases filosóficas e científicas. Além de questões relativas à divisão do trabalho e aos conflitos e desigualdades sociais, muitos outros fatores parecem intervir em fenômenos dessa natureza, revelando a complexidade de um processo que acompanha o homem desde a gênese de sua cultura.

Já nos poemas de Homero e Hesíodo, encontramos alguns traços dessa qualificação. Conforme escreve Melo Neto (2004), a poesia de Homero é mais voltada ao mundo e à cultura dos nobres, dando maior ênfase a uma educação aristocrática para a qualidade tanto dos nobres como dos heróis. No caso de Hesíodo, há uma poesia arraigada à terra e à representação da vida campestre, mais rústica, mais simples e mais próxima do trabalho. Portanto, mais próxima de um conhecimento de *senso comum*.

Na escola pitagórica, verifica-se mais acentuadamente a elaboração de explicações matemáticas de natureza mais abstrata e que escapam ao entendimento daquele conhecimento que estamos classificando de conhecimento do *senso comum*. Também em Platão, o estabelecimento da conhecida dualidade entre o mundo das ideias e o mundo dos sentidos, com o reconhecimento da superioridade do primeiro sobre a precariedade do segundo, revela uma cisão hierárquica entre as duas formas de conhecimento. Para Trindade (2001), no mito da caverna esta desqualificação do senso comum é mais explícita, sobretudo, quando Platão distingue os homens e a qualidade de seus conhecimentos. Os da caverna, representando o homem comum e seu "conhecimento" equivocado e baseado em falsas imagens reveladas pelos sentidos (senso comum), e o filósofo, representando uma espécie de "cientista" que conseguiu alcançar o conhecimento verdadeiro. Portanto, se o conhecimento filosófico é superior a outras formas de "conhecimento", caberá aos "filósofos" o papel de difundir esta verdade.

Até mesmo em Aristóteles, considerado por seus adversários renascentistas como o filósofo do *senso comum* e protagonista de uma filosofia natural apoiada em observações de qualidade secundária, reconhecemos uma clara separação entre o conhecimento próprio das reflexões filosóficas e os conhecimentos ligados às técnicas e atividades práticas reservadas às mulheres e aos escravos.

Na época medieval, não vai ser diferente. Fortemente marcada pela influência da Igreja Católica Romana, o medievo estabelece uma hierarquia no caminho de acesso ao conhecimento, transformando o cristianismo, religião de origem popular e ligada ao apelo comum dos oprimidos,

em um credo dogmático e corrompido que negará o acesso direto ao sagrado e condicionará a fé e a salvação dos homens à necessária mediação dos líderes da Igreja, estabelecendo uma cisão entre o sagrado (onde reside o conhecimento verdadeiro) e o profano (onde se coloca o conhecimento de *senso comum*) e proibindo, entre outras coisas, o acesso à Bíblia Sagrada.

É contra essa época que se insurge o Renascimento, trazendo consigo um novo interesse pelos clássicos gregos e estabelecendo os fundamentos de uma nova ciência, uma "nova religião" e uma nova sociedade: a sociedade burguesa.

A Reforma Protestante, aliada ao nascimento da imprensa, permitirá um acesso direto aos textos sagrados e impulsionará o movimento pela alfabetização popular, possibilitando uma melhor qualificação do *senso comum*. Paradoxalmente, a revolução copernicana inaugura um processo contrário em que o conhecimento científico deveria superar os obstáculos dessa forma de saber que, apoiada no falso testemunho dos sentidos, conduziria a um tipo de conhecimento classificado por Kepler e Galileu como sendo de "qualidade secundária" e inferior, devendo, pois, ser submetido a um outro, de "qualidade primária" e próprio das matemáticas.

> Assim como o olho foi feito para ver as cores e o ouvido para ouvir os sons, assim também a mente humana foi feita para compreender não o que quer que queira, mas sim quantidades (...) (Kepler apud Burtt, 1991, p.52).

A ciência moderna nasce declarando guerra ao *senso comum* e estabelecendo como princípio uma hierarquia na qualidade do conhecimento: enquanto aqueles adquiridos através dos sentidos possuíam qualidade inferior e secundária, os alcançados através da razão dispunham de um status superior e de qualidade primária. Todo o progresso da ciência, determinista e fragmentária, foi construído sob essas bases, que não deixaram de ser importantes para certo tipo de compreensão da realidade.

Decerto que o conceito negativo de *senso comum* não partiu do próprio senso comum, mas, como afirma Alves (1985), é uma distinção oriunda da ciência, isto é, de um conhecimento que se especializa e se afasta passando a julgar e condenar o outro.

Enquanto conceito filosófico, a ideia de *senso comum* surgiu no século XVIII, representando o combate ideológico da burguesia contra o velho regime e, como escreve Santos (2003, p. 36), trata-se "de um senso que se pretende natural, razoável, prudente, um senso que é burguês e que, por uma dupla implicação, se converte em senso universal". Porém, com a vitória do projeto burguês, era natural que caísse em desvalorização e descrédito sendo reduzido a um conhecimento ilusório e de segunda categoria. É, portanto, nesse contexto de crítica à sociedade burguesa do século XIX que se erguem as ciências sociais em seu conhecido combate aos saberes de senso comum.

Se do ponto de vista das ciências naturais, o testemunho dos sentidos é insuficiente e na maioria dos casos, só induz ao erro, do ponto de vista das ciências sociais, as ideias forjadas a partir de opiniões cotidianas só refletem

a ideologia das classes dominantes. É neste contexto que cumpre perguntar: para que serve mesmo o *senso comum*?

Pensamos que a partir da resposta para essa questão se estabelecerão as diretrizes e linhas de atuação no universo do que estamos chamando de *PopC&T*. Como já afirmamos em capítulos anteriores, as opiniões e intervenções neste universo não são uniformes e nem consensuais.

As rupturas epistemológicas de Bachelard

O encontro de Bachelard com o problema do *senso comum* dar-se-á através de sua indagação a respeito de como pode haver avanço no conhecimento científico. No clássico, "A Formação do Espírito Científico. Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento", o filósofo francês responde a essa questão introduzindo o conceito de "obstáculos epistemológicos". Para o autor, é em termos de obstáculos que a questão do desenvolvimento científico deve ser colocada, não em termos de obstáculos externos como a complexidade ou fugacidade dos fenômenos, e nem como a admitida culpa atribuída à fragilidade dos sentidos, mas

> ...é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996, p.17).

Embora não coloque a culpa diretamente nos sentidos e nem na fragilidade do espírito humano, o termo cunhado por Bachelard aponta uma série de atitudes e valores que de alguma forma obstaculizam o desenvolvimento do conhecimento científico e da própria ciência. Curiosamente, o *senso comum* aparece como um dos principais exemplos dessas atitudes. Juntamente com o preconceito, a ideologia, a idolatria e a opinião, o senso comum figura, numa concepção bachelardiana, como um dos primeiros e mais importante, obstáculos epistemológicos ao desenvolvimento do conhecimento científico. "Na formação do espírito científico, o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico" (BACHELARD, 1996, p.29). Para o autor, o espírito científico deve formar-se contra a natureza, contra o que em nós e fora de nós aparece como impulso e informação da natureza, contra o arrebatamento natural e os fatos coloridos e corriqueiros.

Nesse caso, conforme o pensamento bachelardiano, uma satisfação apressada à curiosidade ao invés de benefício pode tornar-se um novo obstáculo epistemológico, substituindo o conhecimento pela simples admiração e as ideias pelas imagens.

Conforme Bachelard (1996), diante do fascínio da realidade, a alma corre o risco de tornar-se ingênua e não superar os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que, em princípio, acreditamos saber com clareza, ofusca o que, de fato, deveríamos saber.

Outro importante obstáculo apontado na construção bachelardiana é a opinião. Para o autor, a opinião pensa mal ou não pensa e ao traduzir necessidades em conhecimentos e designar os objetos pela utilidade, interdita o conhecimento. Nesse caso, cumpre, antes de tudo, destruí-la (Idem). Além destes, a generalidade ou o conhecimento generalista também figura na filosofia de Bachelard como um forte obstáculo epistemológico. Para ele, " Nada prejudicou tanto o progresso do espírito científico quanto a falsa doutrina do *geral,* que dominou de Aristóteles a Bacon, inclusive, e que continua sendo, para muitos, uma doutrina fundamental do saber" (BACHELARD, 1996, p.69). De fato, prossegue, "há um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil ...", o que imobiliza o pensamento e ofusca a verdade (Idem, p.72). Portanto, no contexto das ideias bachelardianas, tanto a generalização como o conhecimento unitário e pragmático são classificados como importantes e difíceis obstáculos epistemológicos.

Conforme o pensamendo de Bachelard (1996, p.11), a formação do espírito científico desenvolve-se através de três estados: o estado concreto, o estado concreto-abstrato e o estado abstrato. No primeiro estado, o espírito ainda se entrete com as primeiras imagens do fenômeno, apoiando-se na filosofia, exaltando a natureza e louvando curiosamente a unidade e a diversidade do mundo. No estado concreto-abstrato, embora inseguro de sua abstração, acrescenta esquemas geométricos às experiências físicas, apoiando-se em uma filosofia da simplicidade em que as abstrações ainda são representadas por uma espécie de intuição sensível. Por fim, no estado abstrato, o espírito

adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polêmica com a realidade primeira, sempre impura e informe. É no percurso desses estados que se encontram os obstáculos epistemológicos, prejudicando o desenvolvimento científico e construindo uma ciência precária e sustentada nas inconsequências do *senso comum*.

Senso comum e ideologia: uma resposta gramsciana

É no contexto de recuperação de um significado orgânico das ideologias que se encontra a resposta de Gramsci para o lugar do *senso comum* dentro da estrutura ideológica. Conforme o marxista italiano, a afirmação e difusão da ideologia é um processo pensado e guiado hegemonicamente, isto é, os grupos sociais, econômica e politicamente dominantes, difundem, através de uma estrutura ideológica organizada, a sua visão de mundo que passa a ser absorvida pela maioria da sociedade. Num estado mais elevado, esta concepção de mundo é incorporada como filosofia, num estado inferior, como folclore e num estado intermediário, como religião e *senso comum*. Portanto:

> A filosofia do senso comum é a filosofia dos não filósofos, isto é, a concepção do mundo absorvida acriticamente pelos vários ambientes sociais e culturais nos quais se desenvolve a individualidade moral do homem médio (GRAMSCI, 1981, p. 143).

Nesse caso, distante de uma concepção original e coerente própria das classes populares, o *senso comum* caracteriza-se como uma visão distorcida, desagregada e incoerente do mundo; uma compreensão difusa de uma realidade marcada pela presença da ideologia dos grupos dominantes. Por conseguinte, avançar do *senso comum* para a consciência filosófica "significa passar de uma concepção fragmentária, incoerente, desarticulada, implícita, desagregada, mecânica, passiva e simplista a uma concepção unitária, coerente, articulada, explícita, original, intencional ativa e cultivada" (SAVIANI, 1980, p.10). Essa passagem exigirá uma educação comprometida com a construção de uma nova hegemonia, além de uma nova categoria de intelectuais engajados com a formação e os interesses das classes populares. Nesse processo, Gramsci reconhece que, não existindo nenhuma atividade humana na qual se possa excluir toda intervenção intelectual, todos os homens são intelectuais.

> No seu trabalho, que nunca pode ser reduzido só à capacidade técnica-manual (enquanto trabalho humano), mas também, fora do seu trabalho cada homem é um intelectual, um filósofo, enquanto participa de uma determinada concepção do mundo, tem gostos artísticos e se comporta de acordo com uma linha de conduta moral... (GRAMSCI, 1979, p. 8).

Com efeito, mantendo-se coerente com a ideia de que todo homem é filósofo, o autor reconhece a presença de um núcleo positivo no *senso comum* o qual denomina de

"*bom senso*". Apesar de envolto na contradição entre suas próprias falas e crenças e as tradições herdadas e veiculadas pelos grupos dominantes, é possível resgatar do *senso comum o* seu núcleo positivo de *bom senso*, tarefa que caberá aos intelectuais organicamente ligados aos interesses populares. Portanto, numa visão gramsciana:

> A filosofia da práxis não busca manter os "simplórios" na sua filosofia primitiva do senso comum, mas busca, ao contrário, conduzi-los a uma concepção de vida superior. Se ela afirma a exigência do contato entre os intelectuais e os simplórios não é para limitar a atividade científica e para manter uma unidade ao nível inferior das massas, mas justamente para forjar um bloco intelectual-moral, que torne politicamente possível um progresso intelectual de massa ... (apud SAVIANI, 1980, p.14).

Como fica evidente, Gramsci não entende o *senso comum* como algo estático e acabado, mas como um processo no qual, em contato com os intelectuais, pode ser enriquecido com noções científicas e filosóficas que gradativamente penetram nos costumes. O *senso comum* é considerado o folclore da filosofia e, numa visão gramsciana, ocupa sempre um lugar intermediário entre o folclore propriamente dito e a filosofia (GRAMSCI, 1979). De qualquer forma, é tarefa da filosofia da práxis superar a ideia equivocada de que *o senso comum* é uma filosofia original e autônoma dos grupos populares, desmascarando a sua realidade contraditória e alienada.

Das rupturas a superação: a resposta de Paulo Freire

Paulo Freire, em sua prática inicialmente vinculada ao problema da alfabetização de adultos, também vai deparar-se com a problemática relação entre o conhecimento sistematizado e os saberes cotidianos e de *senso comum*. Se, conforme o autor, a leitura do mundo precede à leitura da palavra, esta deveria ser desenvolvida dentro de um processo de conscientização[44], numa intervenção que conduzisse a uma superação da consciência ingênua em favor de uma consciência crítica. De acordo com Freire (1980, p. 26), "na aproximação *espontânea* que o homem faz do mundo, a posição normal fundamental não é uma posição crítica, mas uma posição ingênua". A conscientização implica um afastamento da apreensão espontânea da realidade e uma postura crítica em que o homem assume uma atitude epistemológica. Contudo, diferente da concepção bachelardiana, defende a ideia de que entre a ingenuidade e a criticidade, entre os saberes de experiência e os que resultam de procedimentos metodologicamente rigorosos não há uma ruptura, mas uma *superação*. É na obra, "Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa" que expressa muito claramente sua opinião a respeito desta questão.

> Na verdade, a curiosidade ingênua que, "desarmada", está associada ao saber de senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se de forma cada vez mais metodologicamente rigorosa

44 De acordo com Paulo Freire, o termo *conscientização* foi criado por uma equipe de professores do Instituto Superior de Estudos Brasileiros por volta de 1964. Entre os professores, figuravam os nomes de Vieira Pinto e Guerreiro (FREIRE, 1980, p.25)

> do objeto cognoscível, se torna curiosidade epistemológica. Muda de qualidade, mas não muda de essência (FREIRE, 1996, p.31).

Nesse sentido, ele discorda da ideia de ruptura epistemológica cunhada por Bachelard e substitui o termo pela palavra *superação*. De modo que, no processo em que a curiosidade ingênua, sem deixar de ser curiosidade e, pelo contrário, continuando a sê-lo, criticiza-se, não há uma ruptura, mas uma *superação*.

No entanto, a superação de uma visão ingênua da realidade não se dará através dos comunicados e imposições das lideranças revolucionárias. É no diálogo que o autor deposita todas as suas esperanças. É necessário acreditar nos homens oprimidos, na sua capacidade de pensar certo também. "Se esta crença nos falha, abandonamos a ideia ou não a temos, do diálogo, da reflexão, da comunicação e caímos nos slogans, nos comunicados, nos depósitos, no dirigismo" (FREIRE, 1981, p.57). Nesse sentido, o autor reafirma em sua "Pedagogia da Esperança": "O que não é possível – repito-me agora – é o desrespeito ao saber de senso comum; o que não é possível é tentar superá-lo sem, partindo dele, passar por ele" (FREIRE 1999, p.84).

Por outro lado, embora tenha afirmado que "ninguém educa ninguém", Paulo Freire reafirma a necessária presença dos educadores populares junto ao povo oprimido quando lembra que é necessário desafiar os educandos em relação ao que pensam ser o seu acerto.

> Que educador seria eu se não me sentisse movido por forte impulso que me faz buscar, sem mentir, argumentos convincentes na

> defesa dos sonhos por que luto? Na defesa da razão de ser da esperança com que atuo como educador (Freire, 1999, p.84).

Não podemos, acuados pelo medo de uma suposta invasão cultural, negar que as classes populares possam seguir, para além de suas crenças e "saberes de experiência feitos" do *senso comum*, até um conhecimento mais metódico, rigoroso e sistemático como é o caso do conhecimento científico.

Para o autor, desvelar a razão de ser das coisas e ter delas uma visão mais profunda e cabal, não pode ser privilégio das elites. No entanto, se os grupos populares desconhecem, de forma crítica, como a nova sociedade tecnológica funciona, certamente devido às condições precárias em que foram sendo proibidos de ser e de saber, a saída não pode se dar através da propaganda ideológica e de uma divulgação massiva de conhecimentos científicos. Mas, encontra-se no diálogo e no intransigente respeito ao conhecimento de "experiência feito".

> Possivelmente foi a convivência sempre respeitosa que tive com o "senso comum", desde os idos de minha experiência no Nordeste brasileiro, a que se junta a certeza que em mim nunca fraquejou de que sua superação passa por ele, que me fez jamais desdenhá-lo ou simplesmente minimizá-lo (Freire, 1999, p.58).

Portanto, a leitura do mundo não pode ser a nossa leitura imposta às classes populares de maneira vertical e

messiânica. Não podemos crer, como sugere Erica Marcuse, que somos parte de um grupo especial da sociedade, possuidores de uma consciência crítica "dada", entendendo-nos como pessoas já libertadas ou inalcançáveis pela dominação e cuja tarefa é ensinar e libertar os outros (apud FREIRE, 1999).

Por outro lado, é importante repetir, não se trata também de silenciar diante do conhecimento do *senso comum*. A posição dialética e democrática, acrescenta Freire (1999), exige uma clara e explícita intervenção do intelectual como condição indispensável à sua tarefa, sobretudo, no que se refere a uma necessária e imperiosa familiaridade com o universo popular onde pretende atuar.

> É neste sentido que volto a insistir na necessidade imperiosa que tem o educador ou a educadora progressista de se familiarizar com a sintaxe, com a semântica dos grupos populares, de entender como fazem eles sua leitura do mundo, de perceber suas "manhas" indispensáveis à cultura de resistência que se vai constituindo e sem a qual não podem defender-se da violência a que estão submetidos. Entender o sentido de suas festas no corpo da cultura de resistência, sentir sua religiosidade de forma respeitosa, numa perspectiva dialética e não apenas como se fosse expressão pura de sua alienação. Respeitá-la como direito seu, não importa que pessoalmente a recuse de modo geral, ou que não aceite a forma como é ela experimentada pelo grupo popular (FREIRE, 1999, p.107).

Portanto, o diálogo, mesmo quando construído a partir de horizontes culturais diferentes, pode, a partir do reconhecimento e respeito do *universo vocabular* do outro, produzir uma situação emancipadora para ambos. Por isso mesmo, continua Freire (1999), não nivela, não reduz um ao outro, nem é tática manhosa, que se usa para envolver o outro. Implica, ao contrário, um respeito fundamental dos sujeitos nele envolvidos, que o autoritarismo não permite que se constitua.

O senso comum na psicologia social: a visão de Moscovici

No caso de Serge Moscovici[45], a conhecida "Teoria das Representações Sociais" por ele incorporada ao universo da psicologia social, teria sido construída em função da resposta a uma convicção de que o lugar do *senso comum* estava mal resolvido, tanto no território das ciências naturais como nos limites das ciências sociais. Conforme o autor romeno, *o senso comum* não poderia continuar sendo tratado como algo irracional e incoerente, mas, pelo contrário, deveria ser encarado como um importante terceiro fator entre o conhecimento científico e a ideologia.

Preocupado com a questão do impacto causado pela ciência na cultura das massas, Moscovici discorda da posição marxista em relação ao caráter e ao lugar do *senso comum*. Para ele, "Os marxistas - ou mais precisamente

45 Serge Moscovici, nascido na Romênia, dirigiu estudos na École des Hautes Ëtudes em Sciences Sociales, Paris. Também lecionou por muitos anos na New School for Social Research, Nova Iorque. Entre suas obras principais destacam-se: La psychanalyse: Son image et son public (1961); Social Influence and Social Change (1976);The Invention of Society (1989), (MOSCOVICI, 2003).

Lênin!- desconfiavam do conhecimento espontâneo e do pensamento das massas" (MOSCOVICI, 2003, p. 309). Tal convicção teria sustentado a ideia de que os conhecimentos de *senso comum* deveriam ser purificados de suas irracionalidades ideológicas, religiosas e populares, devendo ser substituído por uma concepção científica do ser humano, da história e da natureza, visão que estaria vinculada à concepção marxista e materialista da história. Em certo sentido, prossegue Moscovici (Idem p. 310), o objetivo era transformar todos os seres humanos em quase cientistas, fazendo-os pensar de uma maneira racional e objetiva. Por outro lado, e, paradoxalmente, considerava-se a comunicação, popularização ou, em uma terminologia francesa, a vulgarização da ciência uma espécie de caricatura que desvirtuava o conhecimento científico em sua versão original. Nesse particular, havia uma convergência entre marxistas e não marxistas, isto é, para ambas as correntes, o conhecimento de *senso comum* era contaminado, deficiente e errado. Opondo-se a esta corrente de pensamento, Moscovici tenta reabilitar o conhecimento comum, próprio das experiências diárias, linguagens e práticas cotidianas, ao mesmo tempo em que reage contra a ideia de que o povo é incapaz de pensar racionalmente e apenas os intelectuais são portadores de tal privilégio. Para o autor,

> pessoas e grupos, longe de serem receptores passivos, pensam por si mesmos, produzem e comunicam incessantemente suas próprias e específicas representações e soluções às questões que eles mesmos colocam ... Os acontecimentos as ciências e as ideologias apenas lhes fornecem o "alimento para o pensamento" (MOSCOVICI, 2003, p.45).

Portanto, o pensamento de *senso comum* é considerado razoável, sensível e racional e deve ser entendido como aquele terceiro fator que liga os indivíduos à sua cultura, à sua linguagem e ao seu mundo familiar. Assim como o mito para a antropologia, os sonhos para a psicanálise e o mercado para economia, o *senso comum* é, para Moscovici, a matéria prima da psicologia social. Aos seminários ministrados por Alexandre Koyré[46], o autor atribui o despertar dos primeiros argumentos de como o *senso comum* pode ser coerente em sua própria lógica, diferente da lógica da ciência. A física aristotélica é um exemplo. Embora construída a partir de observações cotidianas, fundamentadas em qualidades sensoriais (qualidades secundárias) e em explicações teleológicas de causas finais, não podemos considerá-la ilógica e absurda como se pensava antes de Koyré.

O *senso comum* tem suas próprias características e, ao contrário do pensamento científico que, de maneira ideal, pode ser compreendido independentemente do conteúdo e através de formalizações lógico-matemáticas, o pensamento comum, não pode ser dividido em dois; o conteúdo infecta o raciocínio, tornando-o plausível e, sem isso, a forma torna-se incompreensível e sem sentido. É na infância que, muito cedo, a marca do senso comum é adquirida, justamente através da comunicação oral. Não é curioso que, mesmo

46 Nascido na Rússia, em Tarangog, em 1892, Alexandre Koyré seguiu entre 1908 e 1911 os cursos de Husseri e Hilbert, em Gottingen, vivendo depois em Paris, onde acompanhou os cursos de Bérgson e Brunschwig. Começou por elaborar uma tese sobre Jacob Bohme e publicar vários estudos filosóficos (sobre St. Anselmo, Spinoza), dedicando-se seguidamente a história da ciência, área onde produziu várias obras fundamentais: Etudes galiléenns(1939), From the closed World to the infinite Universe (1957), La révolution astronomique(1961) e Etudes newtoniennes (1964) (KOYRÉ, 1992).

sem nenhum estudo, as pessoas aprendam a falar com perfeição a sua língua materna? Com efeito, o conhecimento de *senso comum* não deve ser considerado distorcido e errado como muitas vezes se supôs. Na realidade, ele se adequa perfeitamente aos propósitos e necessidades cotidianas "e chegou mesmo a encantar e tornar a vida digna de ser vivida durante muitos séculos" (MOSCOVICI, 2003, p.336).

Por outro lado, embora admitindo certa cautela, sugere a hipótese da polifasia cognitiva. Assim como a linguagem é polissêmica, o conhecimento é polifásico e as pessoas usam diferentes modos de pensamento e diferentes representações, dependendo do grupo específico ao qual pertençam e ao contexto em que estão no momento. Nesse caso, nem cientistas nem filósofos estão imunes aos mesmos vícios imputados ao *senso comum*. Não existem pessoas monofásicas e imbuídas de uma única e privilegiada maneira de pensar.

Muitos cientistas possuem um credo religioso, outros são racistas, alguns consultam os astros e em algumas situações fazem uso de explicações em bases aristotélicas. Se essas diferentes e até mesmo conflitantes formas de pensamento não coexistissem em suas mentes, elas não seriam mentes humanas. Do mesmo modo, não há razão para crer que apenas uma forma única e pura de pensamento (a científica) irá prevalecer no futuro. (Idem, p.328).

Ao contrário do que se esperava, longe de tornarem-se antídotos contra as representações sociais e ideologias, as ciências, na realidade, dão origem a novas representações. De fato, conforme Moscovici (Idem, p.60), a multiplicação de teorias, informações e acontecimentos exigem que novos mundos sejam reproduzidos a um nível mais imediato e acessível.

Se antes a ciência baseada no *senso comum* o tornava menos comum, agora *o senso comum* é a ciência tornada comum. Nesse caso, o *senso comum* estaria em contínua criação e recriação em nossas sociedades, sobretudo onde o conhecimento científico e tecnológico está sendo popularizado. De fato, cada objeto simples, cada lugar comum esconde dentro de sua banalidade um mundo de conhecimentos e, embora não seja trivial transformar palavras, ideias e acontecimentos não familiares em palavras e ideias usuais e acessíveis, as imagens simbólicas derivadas da ciência e que constituem o conteúdo próprio do *senso comum* estão sendo frequentemente reconstruídas ou retocadas.

Por uma segunda ruptura: a resposta de Boaventura Santos

A tese inicial de Santos (2004a) é que todo conhecimento científico visa a constituir-se em *senso comum*. Se a ciência moderna nasceu e cresceu contra o *senso comum* que considerou superficial, ilusório e falso, a nova ciência procura reabilitar o *senso comum*, reconhecendo nesta forma de conhecer algumas virtualidades fundamentais ao enriquecimento de nossa relação com o mundo. Embora reconheça o caráter conservador e mistificador desta forma de conhecimento, o autor chama a atenção para as suas potencialidades utópicas e libertárias que, em diálogo com o conhecimento científico, podem ser enriquecidas e ampliadas.

Em "Introdução a uma Ciência Pós-moderna", Santos (2003) estabelece com maior clareza o seu ponto de vista e sistematiza melhor os seus argumentos. Partindo de uma

crítica à epistemologia bachelardiana, que considera a mais influente dos últimos anos, Santos acredita que, sendo a concepção mais avançada e que traduz, com o máximo de consciência, uma visão de ciência comprometida com a defesa da autonomia e do acesso privilegiado à verdade do conhecimento científico sem para isso recorrer a outras formas de conhecimento que não sejam da prática científica, é também a que manifesta mais claramente os limites de seus pressupostos, sendo, pois, a mais vulnerável a um processo de superação.

Ao discorrer sobre o que considera uma primeira ruptura epistemológica, Santos apresenta uma síntese do pensamento bachelardiano, particularmente no que se refere à superação do *senso comum* visto por aquele autor como um dos principais obstáculos epistemológicos ao desenvolvimento do conhecimento científico.

Como já discutimos a resposta bachelardiana, acrescentaremos aqui apenas os aspectos principais da crítica e da tese de Santos sobre o assunto.

Ao defender a tese de uma segunda ruptura epistemológica, Santos (2003, p.34) reconhece que a epistemologia de Bachelard interpreta fielmente o modelo de racionalidade subjacente ao paradigma da ciência moderna e o faz de maneira mais suave e mais simples que as antigas epistemologias idealistas e empiristas. No entanto, só é compreensível dentro do próprio modelo, ou seja, a ruptura epistemológica bachelardiana só é compreensível dentro do paradigma da própria ciência moderna. Assim, se o modelo em questão entra em crise, o mesmo deve suceder-se à epistemologia que lhe dá sustentação.

Em “Um discurso sobre a ciência”, Santos (2004a) procura demonstrar que a crise já se instalou e que já se encontra visível um paradigma emergente apontando para uma nova ciência que, na falta de outro nome, ele denomina de “ciência pós-moderna”. De acordo com o sociólogo português, o processo histórico da crise final da ciência moderna inicia-se com a crise da epistemologia que lhe representa com maior fidelidade, isto é, a epistemologia bachelardiana. Nesse contexto, o autor aponta o reencontro da ciência com o *senso comum*, sugerindo uma visão alternativa que resgata os aspectos positivos dos saberes cotidianos, sobretudo o seu potencial para os projetos de emancipação social e cultural. Para Santos (2004a), justamente pelo fato de ser indisciplinar e não resultar de uma prática orientada para a produção, o *senso comum* é capaz de reproduzir-se espontânea e pragmaticamente sem descolar-se das trajetórias de vida dos grupos sociais. E nessa correspondência, firma-se de confiança e de segurança. Também é transparente e evidente, questionando a opacidade dos objetos tecnológicos e do obscurantismo do conhecimento científico em defesa do princípio da igualdade do acesso ao discurso e à competência cognitiva e linguística. Embora superficial quando desdenha das estruturas que estão para além das aparências, privilegiando as ações que não se descolem significativamente do real, *o senso comum* é exímio em captar a profundidade horizontal das relações entre pessoas e entre pessoas e coisas. Nesse sentido, é persuasivo, retórico e metafórico. Mas, conforme acredita Santos (2003), as potencialidades positivas do senso comum só conseguem se desenvolver em um contexto onde tanto ele como a ciência moderna superem a si mesmos, dando lugar a

uma outra configuração de conhecimento. É, fundamentado nestes pressupostos, que defende a tese de uma dupla ruptura epistemológica:

> Uma vez feita a ruptura epistemológica com o senso comum, o ato epistemológico mais importante é a ruptura com a ruptura epistemológica [...]. Enquanto a primeira ruptura é imprescindível para construir a ciência, mas deixa o senso comum tal como estava antes dela, a segunda ruptura transforma o senso comum com base na ciência. Com essa dupla transformação pretende-se um senso comum esclarecido e uma ciência prudente,... (p.41)

Com efeito, no contexto de uma sociedade de classes como é em geral a sociedade conformada pela ciência moderna, a vocação solidarista e transclassista do senso comum não pode escapar de assumir um viés conservador e preconceituoso que, em muitas situações reconcilia a consciência com a injustiça e transfere para o transcendente o desejo de transformação da realidade. De acordo com Santos (2003, p.37), tal argumento não permite opor a ciência ao *senso comum* como se opõe a luz às trevas. Primeiro porque, embora carregado de traços conservadores, o *senso comum* apresenta sentidos de resistência, que, dadas as condições, podem converter-se em importantes armas de luta. Depois, os mesmos traços conservadores e preconceituosos, imputados apenas ao senso comum, têm sido verificados em muitas teorias científicas que, dado o poder institucional, acabam sendo muito mais eficazes. Por fim, pode-se dizer que, do ponto de vista de

Santos, não faz mais sentido criar um conhecimento novo e autônomo em confronto com o senso comum – primeira ruptura bachelardiana – se esse conhecimento não se destinar a transformar o senso comum e transformar-se nele, fazendo a segunda ruptura.

Rupturas e continuidades: um novo senso comum para uma nova ciência

Não é sem razão que se reúnem aqui cinco das mais importantes reflexões sobre o lugar do senso comum e da ciência na construção do tecido cultural. Certamente a problemática questão em torno da PopC&T recupera esse debate e exige uma posição mais clara quanto à situação do conhecimento de senso comum no contexto de uma sociedade cada vez mais apoiada na ciência, na tecnologia e nos seus procedimentos muito pouco comuns.

Embora se tratando de pensadores de diferentes espaços físico-temporais, diferentes matizes ideológicas e distintas orientações disciplinares, todos eles depararam-se com o problema do senso comum em sua relação complexa com o conhecimento científico. Se, por um lado, é desaconselhável reunir pensadores de diferentes lugares ideológicos, por outro, é enriquecedor poder juntar, em um mesmo debate, pontos de vista que vão desde uma epistemologia próxima das ciências naturais (Bachelard), até o discurso da sociologia (Santos), intermediados por uma reflexão pedagógica (Freire), um olhar do marxismo moderno (Gramsci) e uma visão a partir da psicologia social (Moscovici). Todos atraídos por uma única e mesma questão: o senso comum.

Sem dúvida, a posição bachelardiana é a mais clara e radical e, ao acreditar em Popper, a mais potencialmente falsificável. Tanto na “Filosofia do Não” como em “O Novo Espírito Científico” e, de forma ainda mais contundente, no clássico, “A Formação do Espírito Científico. Contribuição para uma Psicanálise do Conhecimento”, Bachelard aponta o lugar do senso comum como um dos mais sérios obstáculos no caminho do desenvolvimento científico e, ao seguir movimento radicalizado pela ciência moderna, declara guerra ao senso comum que deve ser encarado como fonte de conservadorismos e preconceitos, tornando-se importante apenas como fator de superação.

Como já mencionamos no capítulo anterior, o desenvolvimento vitorioso das ciências naturais modernas nos séculos XIX e XX produziu uma forte influência nas ciências sociais e, particularmente, em algumas correntes marxistas que passaram a assumir posições deterministas e desconfiar dos saberes de senso comum. Impregnados de irracionalidades ideológicas, religiosas e populares, os saberes cotidianos tornavam-se sérios obstáculos a uma visão científica do ser humano, da história e da natureza, devendo ser substituídos por uma concepção materialista e marxista da realidade. Além de resgatar a importância da ideologia e aperfeiçoar o conceito de hegemonia, Gramsci afasta-se um pouco dessa corrente e, embora reconheça que o pensamento forjado, a partir das classes hegemônicas, encontra-se impregnado nos saberes cotidianos e de senso comum, ainda vislumbra um núcleo positivo de bom senso que, em contato com o conhecimento sistemático dos intelectuais organicamente comprometidos com as causas populares, pode avançar para o nível de uma consciência filosófica.

De qualquer modo, é tarefa da filosofia da práxis superar a ideia equivocada de que *o senso comum* é uma filosofia original e autônoma dos grupos populares e revelar o seu caráter alienado e contraditório. A questão importante é: como essa tarefa pode ser desenvolvida? Como os ditos intelectuais orgânicos devem organizar as suas intervenções? Nesta interface, acostamo-nos ao pensamento freireano, quando se contrapõe a qualquer ação de natureza invasiva e vanguardista e defende o diálogo como única e verdadeira possibilidade de aproximação entre os saberes sistemáticos e os saberes de experiência.

Se, à maneira gramsciana, deve-se reconhecer a presença da ideologia dominante hospedada na consciência dos oprimidos, não acreditamos que a superação desse processo possa ser construída sem a participação consciente e decisiva dos próprios oprimidos. É no e pelo diálogo, que se dará o encontro emancipatório do conhecimento científico com os saberes de senso comum. E não se trata apenas de uma atitude apaixonada e respeitosa pelo conhecimento "de experiência feito" dos oprimidos, mas também, de uma atitude científica em reconhecer e valorizar um conhecimento que não pode ser desprezado, sobretudo, porque é parte da realidade cotidiana de toda nossa existência concreta no planeta.

A esse respeito, Freire coloca uma questão que merece uma reflexão mais cautelosa e demorada. Com efeito, ao discordar da ideia bachelardiana de ruptura epistemológica, impõe-nos uma pergunta de grande sutileza e profundidade: haverá ou não ruptura no processo de construção do conhecimento? Qual a diferença entre ruptura e

superação? Seria a ciência um senso comum mais refinado e disciplinado ou um conhecimento de natureza diferente que nasce justamente a partir de uma ruptura radical com o senso comum? Aqui teremos que abrir um parêntese para, afastando-nos do problema, poder retornar a ele com maior poder de compreensão.

Retornemos então aos exemplos cunhados pelo próprio Bachelard (1984) em sua “Filosofia do Não”. É a partir de uma sequência histórica envolvendo diferentes conceitos de massa que o autor demonstra os vários momentos em que se verificam as rupturas epistemológicas, isto é, a negação de um conhecimento estabelecido em benefício de uma explicação mais complexa e abrangente.

Em sua primeira forma, a ideia de massa corresponde a uma noção quantitativa grosseira e muito ligada à realidade dos sentidos. Avalia-se uma massa pelo sentido da visão, confundindo-se o maior com o mais pesado. Nesse caso, e como sempre, o primeiro conhecimento nasce com a primeira contradição: uma casca vazia contradiz as expectativas dos sentidos e impõe um rompimento com o conhecimento anterior. Um segundo nível é aquele baseado no emprego cauteloso da empiria instrumental da balança, em um exemplo clássico em que a utilização do instrumento precede a sua teoria[47]. Num terceiro momento, a massa é definida como um corpo de noções e não mais como um simples elemento primitivo de uma experiência imediata e direta.

47 No que se refere à antiga conceituação de massa, a balança já era utilizada muito antes do conhecimento da teoria da alavanca (BACHELARD, 1984, p.15).

A partir de Newton (final do século XVII), a massa passou a ser definida como o quociente da força pela aceleração. Conforme Bachelard (1984), a partir do momento em que se definiram em correlação as três noções de força, de massa e de aceleração, realizou-se um imediato afastamento em relação aos princípios fundamentais do realismo empirista, podendo-se deduzir qualquer uma das noções a partir de qualquer uma das outras duas. Com efeito, partindo da escolha de três categorias fundamentais, como sejam, espaço absoluto, tempo absoluto e massa absoluta, o racionalismo newtoniano dominaria toda a física dos séculos XVIII e XIX.

Todavia, uma quarta definição de massa seria apontada pela Teoria da Relatividade (início do século XX), introduzindo uma grande abertura no racionalismo fechado em torno das concepções newtonianas e kantianas. Primeiro, a noção de massa como *átomo nocional* pode ser objeto de análise. Pela primeira vez, um átomo nocional pôde ser decomposto, e neste caso, chega-se a um estranho paradoxo em que o *elemento, o elementar, é complexo*. Por outro lado, a teoria da relatividade também revela que a massa, antes compreendida como entidade absoluta e definida no espaço e no tempo absolutos é, na verdade, uma função complicada da velocidade. A massa de um objeto, assim como o espaço e o tempo, é relativa ao deslocamento desse objeto. Portanto, numa visão bachelardiana, o racionalismo tradicional é profundamente abalado por esta noção múltipla das categorias elementares, *"surgindo corpos de aproximação, corpos de explicação, corpos de racionalização"*. Nesse caso, uma organização é racional relativamente a um corpo de noções, não existindo uma razão absoluta.

A quinta e última noção de massa, que aparece nos exemplos de Bachelard, é aquela sugerida por Dirac. Sem entrar em maiores detalhes sobre essa complexa construção, o autor apresenta a mecânica de Dirac como uma concepção a mais totalitária possível, do fenômeno da propagação. Com efeito, embora sob uma formulação um tanto paradoxal, a mecânica de Dirac examina em primeiro lugar a propagação dos "parênteses" num espaço de configuração, de modo que, o pensamento científico começa colocando em parêntese a própria realidade. É, portanto, "a forma de propagação que definirá em seguida aquilo que se propaga. A mecânica de Dirac é de saída, desrealizada" (BACHELARD, 1984, p.20). Todavia, o resultado de sua aplicação é ainda mais surpreendente. Além de abarcar todas as noções anteriores, os resultados encontrados por Dirac sugerem a existência de uma *massa negativa*. Na opinião de Bachelard, estamos diante de um conceito completamente inadmissível nas quatro filosofias anteriores. Com efeito, para um cientista do século XIX, o conceito de massa negativa seria mesmo um conceito monstruoso. Mas, o que tudo isso tem a ver com o senso comum?

Na realidade, a sequência de rupturas apresentadas na exemplificação bachelardiana revela muito mais do que uma simples negação radical de cada uma das noções anteriores. Do nosso ponto de vista, trata-se de uma situação paradoxal em que se verificam *rupturas e continuidades*. Senão, vejamos.

Na passagem da noção primitiva de massa, inicialmente confiada ao sentido da visão, para uma posterior avaliação através dos sentidos das mãos, até o uso primitivo da empiria instrumental da balança, existe um elo que, embora negue e aponte os equívocos do conhecimento

anterior, também revela uma coerência inegável de suas escolhas. Na maioria das vezes, o fruto maior é, de fato, o mais pesado. O maior tronco tem maior massa e uma pedra pequena é mesmo mais leve que uma pedra grande. O que estamos afirmando é que a balança, embora negue algumas noções anteriores, também se encontra com elas. O mesmo ocorre com o conceito de massa sugerido pela mecânica newtoniana. A massa definida a partir da força e da aceleração encontra um elo com a massa definida a partir da empiria da balança. Embora constitua um corpo teórico bem mais abrangente, permitindo a visualização da noção de massa gravitacional, mantém um laço de vinculação com as duas noções anteriores. A massa gravitacional coincide com a massa inercial que, por sua vez, explica o sentido da balança, e esta, reencontra o sentido das avaliações primitivas do senso comum. No caso da teoria da relatividade, embora aponte para uma ruptura bem mais radical com as noções anteriores, ainda coexistem os laços de continuidade. Dessa forma, nos limites de baixas velocidades, a referida teoria reencontra a massa newtoniana, fechando novamente o elo da corrente.

Por último, para completar os exemplos em torno da construção de sua filosofia científica dispersa, Bachelard apresenta a concepção de massa em seu mais elevado nível de abstração. Trata-se da formulação da mecânica de Dirac. Surpreendentemente, mesmo naquele nível de afastamento do realismo, reencontramos uma ligação com as noções anteriores. E é o próprio Bachelard quem reconhece este fato.

> Nós tínhamos apenas necessidade de uma massa; o cálculo dá-nos duas, duas massas para um só objeto. Uma dessas massas resume perfeitamente tudo o que se sabia

> da massa nas quatro filosofias precedentes: realismo ingênuo, empirismo claro, racionalismo newtoniano, racionalismo completo einsteiniano. Mas a outra massa dialética da primeira, é uma *massa negativa (sic)*. [...] Por conseguinte, uma metade da mecânica de Dirac *reencontra* e *continua* a mecânica clássica e a mecânica relativista; a outra metade diverge numa noção fundamental; dá origem a algo diferente... (1984, p.20, os grifos em itálicos, são nossos).

De fato, encontramo-nos diante de uma questão paradoxal e é o próprio Bachelard quem reconhece a dualidade contida na complexidade dialética da noção de massa proposta por Dirac. De um lado, a ideia de uma *massa negativa* se constitui em uma profunda ruptura com as filosofias anteriores, de outro, a massa positiva aponta para *a continuidade e o reencontro* com as noções clássica e relativística. Nesse caso, trata-se de um processo complexo em que coexistem rupturas e continuidades, numa unidade hegeliana em que a cultura sempre reaparece como natureza negada, mas imediatamente reafirmada a cada nova síntese autoconsciente.

Outro contexto, não menos problemático, no qual esta questão aparece é aquele em que se discute a passagem revolucionária de uma teoria para outra em meio a uma disputa entre dois paradigmas diferentes. Em tais situações, Tomas Kuhn (2003) defende a tese da incomensurabilidade entre os diferentes paradigmas em disputa. Um exemplo típico é aquele da passagem da mecânica newtoniana para a mecânica relativista. Conforme a tese de Kuhn, embora em certas condições e limites matemáticos

a dinâmica newtoniana possa ser aparentemente derivada da dinâmica relativista, tal derivação é espúria, pelo menos em um ponto.

> ... os referentes físicos desses conceitos einsteinianos não são de modo algum idênticos àqueles conceitos newtonianos que levam o mesmo nome. (A massa newtoniana é conservada; a einsteiniana é conversível com a energia. Apenas em baixas velocidades relativas podemos medi-las do mesmo modo e mesmo então não podem ser consideradas idênticas.) (KUHN, 2003, p.136).

De fato, como reconhece Kuhn, a modificação de conceitos estabelecidos e familiares é fundamental para caracterizar o impacto revolucionário da teoria de Einstein. Todavia, mesmo reinterpretada de uma maneira nova, não podemos negar o reencontro fundamental da mecânica newtoniana com a teoria da relatividade de Einstein. Neste particular, preferimos endossar a tese defendida por Bastos Filho (2005), segundo a qual, no curso de uma passagem revolucionária de uma teoria para outra, coexistem tanto aspectos de continuidade como aspectos de descontinuidade. Conforme o referido autor, no caso da teoria da relatividade, "coexistem tanto os aspectos da continuidade ensejados por um limite matemático da teoria da relatividade restrita para a mecânica newtoniana, quanto os aspectos de ruptura consubstanciados por uma descontinuidade filosófica sobre os significados dos conceitos de energia e de massa nas duas teorias" (Idem, p.67).

Novamente sustentamos a tese de que se trata de um processo complexo em que, de fato, coexistem rupturas e continuidades. E é justamente este elo que possibilita o diálogo entre o conhecimento científico e os saberes de senso comum, dando sentido aos esforços e tentativas de popularização da ciência e tecnologia.

É só no contexto desse paradoxo que encontramos uma explicação para o conceito de *superação* cunhado por Freire (1996) e para a tese de uma *segunda* ruptura epistemológica proposta por Santos (2003). Na realidade, os dois autores tentam recuperar e manter o vínculo de ligação entre o conhecimento científico e os saberes de senso comum, flagrantemente desvinculados pela epistemologia bachelardiana. Freire o faz substituindo a palavra *ruptura* por *superação* o que, em tese, salvaria o elo da relação. No entanto, ao negar as *rupturas* bachelardianas corre o risco de não demarcar claramente a necessária linha divisória entre duas formas distintas de conhecimento. Santos, por sua vez, recorre a uma *segunda ruptura* epistemológica que considera necessária para completar o sentido da primeira. Nesse caso, uma primeira ruptura consistiria em romper com a concepção do senso comum sobre o modo como se faz ciência. De acordo com Santos (2003), essa ruptura revelaria que as diferenças entre os modos de produção do conhecimento não são tão absolutas quanto o senso comum julga, mas que, mesmo assim, existem e são significativas.

> Em termos reais há, pois, um misto de cumplicidade e denúncia mútua entre as duas formas de conhecimento, e é esta ambigüidade que torna possível a segunda ruptura. Se as duas formas de conhecimento fossem

> totalmente distintas, a ciência não podia aspirar a transformar-se em senso comum, se fossem idênticas não podia pretender transformar o senso comum (SANTOS, 2003, p.50).

É interessante notar como Santos faz questão de, mantida a distinção entre o conhecimento científico e os saberes de senso comum, reconhecer a proximidade entre as duas formas de conhecer, numa formulação semelhante à nossa ideia da vinculação paradoxal entre rupturas e continuidades.

De fato, sem estes pontos de vinculação, o elo estaria quebrado e a ciência se afastaria completamente da comunidade de sentidos, tornando-se uma entidade estranha à ideia de pertencimento à humanidade. Pelo menos por enquanto, ainda não identificamos tal processo. Se esta será uma possibilidade futura, não se pode desdenhar e isso nos remete a uma das cenas finais do filme "Inteligência Artificial" [48].

Depois de perdido o elo com as suas origens (humana), uma civilização estranha consegue reencontrar o elo perdido com os seus ancestrais através da leitura dos *chips* da memória de um pequeno robô resgatado como relíquia perdida no fundo do mar. A história do homem é recuperada apenas através de sua memória projetada em uma

---

48 Um filme de Stanley Kubrick, dirigido por Stephen Spielberg que não chegou a ser um trabalho a quatro mãos porque Kubrick morreu antes do início da produção. Contudo, *AI, Inteligência Artificial* guarda as características da visão sombria de Kubrick com o sentimentalismo de Spielberg. Como o próprio título sugere, o filme trata da inteligência artificial em um mundo futuro em que homens e máquinas se confundem até nos sentimentos.

máquina. Se esta imagem poética produzida pela ficção científica encontrar a realidade nos limites de uma não muito longínqua sociedade pós-humana, não nos cabe prognosticar aqui. Por enquanto ainda somos comuns, ainda somos materiais, organismos vivos existenciais e enraizados no mundo e quase toda essa existência se sustenta no conhecimento do senso comum. A esse respeito é muito oportuna a fala de Nietzsche no seu fragmento 111 sobre a origem da lógica.

> Quem, por exemplo, não sabia descobrir o "igual" com suficiente freqüência, no tocante à alimentação ou no tocante aos animais que lhe eram hostis, quem portanto subsumia demasiado lentamente, era demasiado cauteloso na subsunção, tinha menor probabilidade de sobrevivência do que aquele que em todo semelhante adivinha logo a igualdade [...] – foi preciso que por longo tempo o mutável nas coisas não fosse visto, não fosse sentido; os seres que não viam com precisão tinham uma vantagem diante daqueles que viam tudo "em fluxo" (NIETZSCHE, 1983, p.201).

Assim como a ciência, o senso comum se desenvolve como uma forma peculiar de reducionismo. Enquanto a ciência tornou-se especialista no que se refere às estruturas que estão para além dos sentidos e das aparências, *o senso comum* é exímio em captar a profundidade horizontal das coisas, fornecendo generalizações imediatas e fundamentais para o movimento e sobrevivência da espécie.

Nesse caso, concordamos com Moscovici (2003) quando afirma que o conhecimento de *senso comum* não pode ser considerado distorcido e errado como sempre se supôs. Na verdade, ele se enquadra perfeitamente aos propósitos e necessidades da vida cotidiana, chegando mesmo a encantá-la e torná-la digna de ser vivida durante muitos séculos. Mais do que isso, como reconhece Koyré, muitos princípios científicos encontram seus pontos de partida nas intuições do senso comum.

> ... quando a termodinâmica afirma à laia de princípio, que o calor não passa de um corpo frio para um corpo quente, faz ela outra coisa que não seja transpor uma intuição do senso comum, segundo a qual um corpo quente arrefece "naturalmente", enquanto um corpo frio "naturalmente" não aquece? E mesmo quando dizemos que o centro de gravidade de um sistema tende a tomar a posição mais baixa e não torna a subir por si mesmo, não é isso ainda uma transposição da intuição fundamental do senso comum...? (1992, p.22)

Mesmo na mais radical das revoluções científicas contra o senso comum, qual seja, na retirada da terra do seu estado comum de repouso para colocá-la em movimento circular ao redor do Sol; mesmo nesse caso, as evidências de senso comum não podem ser desdenhadas, pois, de fato, considerando-se um sistema de referência fixo na terra, como é o caso, as observações e conclusões construídas a partir de imagens do senso comum, recuperam sentido e não podem ser consideradas absurdas.

Por outro lado, como qualquer outra forma de conhecimento, o conhecimento de senso comum também está em contínua transformação, sendo permanentemente criado e recriado, sobretudo, em sociedades onde se verifica uma maior popularização do conhecimento científico e tecnológico. De fato, muitos conhecimentos dantes revolucionários, tais como, a ideia de que a terra se move em torno do Sol ou a propagação de ondas eletromagnéticas, acabaram por ser incorporados ao cotidiano, tornando-se ideias comuns.

> ... as imagens simbólicas derivadas da ciência em que ele está baseado e que, enraizadas no olho da mente, conformam a linguagem e o comportamento usual, estão constantemente sendo retocadas. No processo, a estocagem de representações sociais, sem a qual a sociedade não pode se comunicar ou se relacionar e definir a realidade, é realimentada (MOSCOVICI, 2003, p.95).

Decerto, não explicamos mais a realidade a partir de nossas simples e precárias representações mentais, mas, como sugere Omnès (1996, p.193), são essas representações, com a intuição e o senso comum que as acompanha, que queremos explicar a partir do conhecimento das leis do universo a que o conjunto do pensamento científico nos levou. Conhecer o conhecimento e pensar o pensamento para entender suas limitações e possibilidades, tornou-se possível. Surpreendentemente, essa compreensão mais profunda de nosso pensar revelou os limites, mas, sobretudo, a importância do conhecimento de *senso comum*, do qual jamais podemos, de todo, escapar. Foi necessário o profundo afastamento formal produzido pela mecânica

quântica para reconhecermos que a singularidade do ser humano e a sua estranha consciência da realidade não podem ser reduzidas aos simples conceitos de partículas elementares e campos. "É como se homem e mulher se tivessem lançado na aventura de conhecer os objetos mais distantes e diferentes de si próprios, para, uma vez aí chegados, se descobrirem refletidos como num espelho" (SANTOS, 2004a, p.62).

Como nos lembra Lévy-Leblond (2004), por mais que a ciência seja formalizada, ela não pode prescindir da linguagem comum. É no espaço entreaberto para sempre entre o cálculo e a palavra que o pensamento pode se manifestar, tanto por meio da narração e da metáfora, como por intermédio do imaginário. Se for, de fato, objetivo da ciência proceder à crítica do senso comum, para alcançar tal intento, é fundamental inserir-se na comunidade de sentidos, sem qualquer privilégio de exceção linguística.

Ademais, é preciso compreender, antes de tudo que, nenhuma forma de conhecimento isolada é por si mesma racional e só a conjunção de todos os esforços nos permite conhecer melhor. De fato, parece que, como já sugeria William James em 1906, "o senso comum é melhor para uma esfera da vida, a ciência para outra e a crítica filosófica para uma terceira: mas só Deus sabe qual deles é, em termos absolutos, mais verdadeiro (apud SANTOS, 2003, p.48).

Nesse sentido, buscar o diálogo com outras formas de conhecimento é uma atitude mais fecunda e reconhecidamente aceita pela nova visão de ciência que desponta no início do século XXI. E, sem dúvida, o conhecimento do senso comum; aquele "de experiência feito" e que orienta todas as nossas ações cotidianas é a mais importante

de todas estas formas. De fato, como escreve Santos, "A ciência moderna construiu-se contra o senso comum que considerou superficial, ilusório e falso. A ciência pós-moderna[49] procura reabilitar o senso comum por reconhecer nesta forma de conhecimento algumas virtualidades para enriquecer a nossa relação com o mundo" (2004a, p.88).

Portanto, não faz mais sentido criar um conhecimento novo e autônomo em confronto com o senso comum, se esse conhecimento não se destinar a transformar o senso comum e transformar-se nele. Se o discurso científico tem se tornado cada vez mais um discurso anormal e incomensurável com os discursos normais que circulam na cotidianidade das práticas sociais. Se o distanciamento e a estranheza deste discurso em relação aos discursos ético, estético, religioso e do senso comum constituem o cerne da ciência moderna, se considerados os altos níveis de especialização, esta estranheza já se reproduz no próprio interior da comunidade científica, haveremos que, seguindo Santos (2003, p.13), proceder a uma ruptura da ruptura e, à busca do diálogo, estabelecer uma atitude permanentemente hermenêutica que tenta transformar a ciência, de um objeto estranho, distante e incomensurável, num objeto familiar e próximo que, embora não compartilhe a língua de todos os dias, é capaz de comunicar os seus feitos, como também, os seus limites. Trazer o Golem[50] para o interior da casa, para a familiaridade, é o único caminho que nos resta.

49 Em duas obras mais recentes, Santos define o novo paradigma não mais como *ciência pós-moderna*, mas como o paradigma de um *conhecimento prudente para uma vida decente,* (Santos, 2005, 2006).

50 Criatura da mitologia judaica que, feito de argila e água, depois de certos encantamentos, assume a forma de um humanóide.

Capítulo IV

Popularização da ciência e tecnologia: Limitações e possibilidades

Introdução

"As pessoas e os grupos sociais têm o direito à igualdade quando a diferença os inferioriza, e o direito a ser diferentes quando a igualdade os descaracteriza" *(Boaventura Santos)*.

Já se tornou consensual, pelo menos nas falas acadêmicas, o fato de estarmos acelerando a passos largos na direção de uma sociedade cada vez mais dependente da ciência e da tecnologia. Um modelo social que, especialmente impulsionado a partir do século XIX, passou a depositar na ciência e na tecnologia as suas maiores esperanças. Uma *sociedade do conhecimento* que, de acordo com Assmann (1998), deverá sustentar-se em uma cultura "*aprendente*".

Por outro lado, não se pode desdenhar o fato de que, desde o simples domínio das técnicas de controlar o fogo, até os projetos secretos da NASA, ou os segredos da engenharia genética e da farmacologia, sem falar dos mistérios das pesquisas armamentistas, o conhecimento encontra-se em paradoxal conflito entre a disponibilização e o controle, constituindo-se em uma antiga questão de poder que,

paralela ao seu crescimento, criou uma série de obstáculos no caminho de seu domínio e acesso.

Esses são apenas dois dos vários argumentos e justificativas relacionados aos porquês de "popularizar a ciência". Embora a maioria dos cientistas e comunicadores entre em acordo quanto à necessidade de tal empreendimento, as bases teóricas, os interesses e os objetivos, são diversos e até mesmo antagônicos. Afinal, o que deve tornar-se conhecido? Quem decide sobre o que deve ser publicado? O que deve fazer-se popular? Por que estas ações são importantes? Quem deve assumir a responsabilidade por tal empreendimento?

A luz de toda discussão desenvolvida na primeira parte deste trabalho, objetivamos durante este último capítulo, analisar alguns dos principais argumentos apresentados em defesa das políticas públicas de PopC&T no Brasil, revelando as limitações e possibilidades envolvidas nesta complexa interface entre o conhecimento científico e os saberes populares. Começando pelo enfrentamento de uma reconhecida confusão conceitual que vem acompanhando este debate ao longo dos anos. Neste sentido, aproveitamos a primeira seção para desenvolver uma revisão conceitual em torno da problemática questão do conceito de *PopC&T* em sua relação com uma série de outros termos que em muitas falas e artigos aparecem como se quisessem designar uma mesma forma de intervenção: *Difusão, Divulgação, Alfabetização e Vulgarização* são os exemplos de uso mais frequente no Brasil.

Assim, conforme já discutimos em um artigo recente, (GERMANO, 2007), partindo do pressuposto de que

“dentro de uma unidade estrutural lingüística se estabelecem relações associativas que se vão desdobrando entre os campos significativos dos vários termos” (BALLY, apud FREIRE, 1971 p.21), procedemos a uma análise das palavras: *difusão, vulgarização, alfabetização, divulgação e popularização,* todas elas relacionadas à questão do acesso ao conhecimento científico, fio condutor que liga todos estes termos à palavra *ciência.* Em seguida, problematizamos alguns daqueles que relacionamos como os mais disputados argumentos em defesa de uma suposta e necessária *PopC&T.* Começando pelo argumento mais utilizado em nosso país, isto é, a PopC&T como fator de inclusão social, recorremos inicialmente a uma digressão histórica que, à luz do entendimento da ciência como manifestação particular da cultura geral e utilizando o trabalho como categoria fundante, procura entender a contradição de uma “sociedade do conhecimento” em que a maioria dos cidadãos flagram-se excluídos dos limites mínimos de compreensão dos processos de produção desse conhecimento. Ainda na mesma seção, e a partir do discurso oficial, apresentamos algumas das principais justificativas para a PopC&T no contexto das políticas públicas desenvolvidas através do MCT, apontando as possibilidades e limitações envolvidas em algumas daquelas propostas.

Iniciamos discutindo o principal argumento apresentado pelo Departamento de Popularização e Difusão da Ciência que se refere a PopC&T como uma das mais importantes iniciativas de inclusão social. Na mesma direção e muito próximo da ideia de inclusão social, por vezes até confundindo-se com ela, situam-se aqueles argumentos relativos ao necessário controle social da ciência e

tecnologia por parte da população, temática enfrentada na segunda seção deste capítulo. As justificativas em favor de uma maior qualidade da apreciação estética e do combate às pseudociências, a partir de visões de cunho científico, serão as temáticas da terceira e quarta seções. Além desses, ainda enfrentamos os argumentos relacionados às maiores perspectivas em torno de inovações tecnológicas e desenvolvimento econômico que, a partir de uma maior PopC&T e do crescimento do número de jovens cientistas, conduziria a um crescente apoio da sociedade aos projetos científico-tecnológicos.

A necessidade de popularizar os limites de validade do conhecimento científico e tecnológico será discutida nas últimas seções e depois da apresentação de um quadro resumo, o capítulo termina com algumas considerações que problematizam o alcance destas argumentações, apontando algumas evidentes limitações, mas também, as possibilidades que envolvem alguns desses esforços na busca de uma maior democratização do conhecimento científico e tecnológico.

Popularização da Ciência: uma revisão conceitual

Vulgarização da ciência

Conforme Massarani (1998), o termo *vulgarização da ciência* surgiu na França no início do século XIX e, já naquela época, no contexto da década de 60, Camille Flammarion apontava as dificuldades subjacentes à utilização dessa nomenclatura, principalmente relacionadas à sua

conotação pejorativa. Embora essa expressão esteja relacionada a tornar conhecido, pode também, ser associada à ideia de vulgar (do latim *vulgare*); relativo ao vulgo; trivial; usual, frequente ou comum.

Ainda conforme Massarani, na mesma época, surge na França a expressão *popularização* que não é muito aceita na comunidade científica francesa e não consegue suplantar a designação anterior. A esse respeito é interessante destacar a fala de Pierre Rostand que, na década de 30 do século XIX, procura argumentar em favor do conceito de vulgarização.

> De minha parte, duvido fortemente que encontremos esse sinônimo mais relevante que nos contentaria a todos. Aceitemos, portanto resolutamente e corajosamente essa velha palavra, consagrada pelo uso de *vulgarização,* lembremo-nos que *vulgus* quer dizer povo e não vulgar, que as línguas *vulgares* são as línguas vivas e que a própria Bíblia só se espalhou pelo mundo graças à tradução que se denomina *Vulgata* (RAICHVARG E JACQUES apud MASSARANI, 1998).

É sintomática e reveladora a afirmação de Rostand quando nos convida a assumir, *corajosamente,* o referido conceito. É inegável que em língua portuguesa ele carrega uma força pejorativa insuperável e mesmo em língua francesa, dado ao tom desafiador notadamente presente no discurso do autor, acreditamos que carregue a mesma força negativa.

Alguns autores sustentam que Galileu, contrariando as ordens da Igreja, já no século XVII, procurou difundir entre

o povo o sistema copernicano, usando uma língua vulgar (o italiano) ao invés do tradicional latim para escrever duas de suas mais importantes obras: "O diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo" (1624) e "Duas novas ciências" (1636), o que seria uma das primeiras e mais importantes iniciativas no campo da vulgarização da ciência.

No cenário brasileiro dos séculos XVI, XVII e XVIII, enquanto o país ainda era uma colônia portuguesa de exploração, as atividades científicas e mesmo de difusão das novas ideias modernas eram praticamente inexistentes. Com uma baixíssima densidade de população letrada, o país era mantido sob rígido controle, e o ensino quase unicamente elementar, esteve nas mãos dos Jesuítas[51] até meados do século XVIII. Só a partir do final do século XVIII e início do século XIX, brasileiros que conheciam Portugal, França e outros países da Europa, começaram a difundir, muito timidamente, algumas ideias da ciência moderna no Brasil (MOREIRA 2002).

Embora envolto em uma reconhecida conotação pejorativa, talvez pela forte influência francesa na cultura brasileira, o conceito de vulgarização vai ser bastante utilizado, no Brasil, durante o século XIX, início do século XX e ainda se encontra presente em algumas publicações como no artigo de Miguel Osório de Almeida, "A vulgarização do saber", (ALMEIDA 2002).

Nas décadas de 60 e 70 do século passado, já se mencionava, com alguma frequência, o termo popularização da ciência, todavia, o conceito que vai prevalecer, no Brasil,

51 A esse respeito é importante ver: *Educação Jesuítica no Brasil Colonial*, (PAIVA, 2000).

é, sem dúvida, o de divulgação científica que permanece como designação hegemônica até os dias atuais. Mas antes de investigarmos as nuances relacionadas a esse conceito, vamos dar uma olhada em um outro termo muito usado no Brasil: a *difusão científica*.

Difusão científica

Termo proveniente do latim, *diffusione* é o ato ou efeito de difundir, disseminar, espalhar, ou propagar alguma coisa. A *difusão da científica* seria, portanto, a disseminação, ou a propagação das ideias e feitos tecnológicos da ciência para um conjunto maior da sociedade. É um termo abrangente que, conforme os relatos históricos apresentados na seção anterior, nasceu ligado ao interesse pela propagação das primeiras conquistas da ciência na modernidade, sobretudo, as primeiras inovações tecnológicas.

Mas, a difusão da ciência também pode ser entendida de uma forma mais ampla. Na opinião de Albagli (1996), por exemplo, refere-se a "todo e qualquer processo usado para a comunicação da informação científica e tecnológica", de modo que, pode ser orientada tanto para os próprios especialistas, no contexto da própria comunidade científica, como para o público leigo. No primeiro caso, assemelha-se a disseminação e no segundo, à divulgação científica. Aqui também se observa a utilização ambígua do conceito que ora aparece como difusão, ora se redefine como divulgação. Nesse sentido, é necessário aproximar-se com maior cautela de cada um dos termos e evitar simplificações conceituais que sempre prejudicam a compreensão mais fiel dos fenômenos.

Seja como comunicação científica entre os pares, seja como propagação de ideias e feitos tecnológicos da ciência, a *difusão científica* é um termo muito amplo que escapa e se redime de quaisquer outras implicações de natureza político-metodológica, ou seja, qualquer iniciativa por mais simples e mais abrangente que seja, pode ser incorporada ao conceito de difusão científica. Outros termos, como *alfabetização científica*, são mais específicos e menos abrangentes, delimitando melhor o seu campo de atuação e as consequentes implicações metodológicas.

Alfabetização científica

Como qualquer outro, o conceito de *alfabetização* não é estático e vem se modificando ao longo do tempo. A necessidade de alfabetização certamente está ligada ao nascimento da linguagem escrita, particularmente à escrita alfabética da qual hebreus e fenícios foram os pioneiros[52].

Segundo Perdono (2001), à medida que o conceito de alfabetismo evoluiu a partir de uma visão das artes liberais, passou a designar os estudos adequados àqueles homens com capacidade de pensar. Esse conhecimento foi codificado no *trivium* (estudos em gramática, lógica e retórica) e no *quadrivium* (aritmética, geometria, astronomia e música). Durante a Idade Média, os escolásticos da Igreja que, em

52 Atualmente há uma controvérsia sobre a origem da escrita, principalmente depois da descoberta por arqueólogos alemães de potes com inscrições hieroglíficas que datam de 5400 (a.C.) o que contraria a ideia de que foram os sumérios, na Mesopotâmia, que inventaram a escrita, cerca de 5300 (a.C.) (CHASSOT, 2001).

especial, tinham o dever de serem letrados ou alfabetizados, dada a sua responsabilidade em guardar e preservar o conhecimento, acrescentaram ao *trivium* e ao *quadrivium* os estudos do Latim, do Árabe e do Grego. Mas, o interesse pela difusão do alfabetismo não foi prioridade da Igreja, pelo menos até a Reforma Protestante que, fundamentada na ideia do livre exame, passou a permitir e ensinar a leitura das sagradas escrituras. Outro importante passo no caminho da alfabetização popular foi, sem dúvida, a revolução de Gutemberg.

Conforme Chartier:

> Em meados da década de 1450, só era possível reproduzir um texto copiando-o à mão, e de repente uma nova técnica, baseada nos tipos móveis e na prensa, transfigurou a relação com a cultura escrita. O custo do livro diminuiu, através da distribuição das despesas pela totalidade da tiragem... Analogamente, o tempo de reprodução do texto é reduzido graças ao trabalho da oficina tipográfica (1999, p.7).

Por ironia da história, o surgimento da imprensa coincide com o advento da Reforma Protestante e toda essa efervescência vai ter uma repercussão direta no caminho da universalização do direito à alfabetização. Durante o século XIX, a Revolução Industrial e o crescimento da democracia burguesa aceleram o processo rumo a uma educação de caráter universal e, em 1870, a Inglaterra fixou uma lei com a Ata de Educação de Foster, garantindo uma educação básica para todos (PERDONO, 2001, p.5).

Mais tarde, o século XX vai enfrentar as maiores transformações já ocorridas na história. As duas grandes guerras, a revolução comunista, a revolução cultural, as novas tecnologias, o advento da sociedade da informação e o avanço das democracias liberais e neoliberais certamente conduziram a grandes avanços no caminho da universalidade da alfabetização.

Alfabetização, conforme atestam os lexicógrafos, é o ato ou efeito de alfabetizar, ou ainda de propagar a instrução primária. O que nos remete a duas novas definições que, respeitando as anteriores, seriam as seguintes: alfabetizar como ato de ensinar o alfabeto[53] ou difundir o ensino básico. No primeiro caso, como afirma Chassot (2001, p.34), "há uma clara referência às duas primeiras letras do alfabeto hebraico ou do alfabeto grego". Para o autor, na visão ocidental, há uma homenagem aos hebreus, que juntamente com os seus vizinhos fenícios, foram os pioneiros na escrita alfabética.

Para Sabbatini (2004, p.2), "... a alfabetização pode ser definida como o nível mínimo de habilidade de leitura e escritura que um indivíduo deve ter para participar da comunicação escrita". Esse conceito apresenta-se como uma dicotomia, justamente porque define um limite que separa dois estados. Mas embora a definição desse valor limite seja subjetiva, há um consenso a respeito das habilidades e dos conhecimentos necessários para se estabelecer uma funcionalidade mínima. Dessa forma, a *alfabetização científica* pode ser definida como o nível mínimo de compreensão

53 do Lat, alfhabetu; Gr. Alphábetos ; álpha + bêta; do Hebr. alef e bet

em ciência e tecnologia que as pessoas devem ter para poderem operar, em nível básico, como cidadãos e consumidores na nova sociedade científico-tecnológica.

Conforme Lorenzetti e Delizoicov (2001, p.3), "em todos os textos pesquisados e utilizados como referência, que são traduzidos do inglês para o português, o termo *literacy* é traduzido como *alfabetização*, no Brasil e em Portugal". Segundo os referidos autores, a tradução correta do termo deveria ser *alfabetismo* e não alfabetização. Magda Soares (1998), sustenta uma posição em favor do termo *letramento*[54], palavra não encontrada nos dicionários modernos, como uma possível aproximação do termo inglês. A mesma palavra é utilizada pelo casal de professores Salete van der Poel e Cornelis van der Poel em uma experiência inovadora realizada na Paraíba[55]. No entanto, respeitando a maior utilização, optamos por manter a tradução do termo em inglês s*ientific literacy* como *alfabetização científica*.

Com efeito, se o termo *alfabetizado* – ser capaz de ler e escrever – for levado às últimas consequências, a expressão *alfabetização científica* deve ser entendida como a "capacidade de ler, compreender e expressar opinião sobre assuntos de caráter científico". Nesse caso, deveria partir do pressuposto de que o indivíduo já tenha interagido com a educação formal e dessa forma, dominado o código escrito. Isso conduz a uma situação contraditória em que os analfabetos (literalmente falando) são imediatamente excluídos

54 Conforme a autora, Literacy: the condicion of being literate deve ser traduzido como "condição de ser letrado". Do latim, littera + cy → littera (letra) + cy (qualidade, condição, estado) (SOARES, 1998, p. 35).

55 Rede de Letramento de Jovens e Adultos da Paraíba (RELEJA).

do processo. Contudo, para Lorenzetti e Delizoicov (2001, p.4), "é possível desenvolver uma alfabetização científica nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental, mesmo antes do aluno dominar o código escrito". Conforme os autores, essa alfabetização científica poderá auxiliar significativamente o processo de aquisição do código escrito, propiciando condições para que os alunos possam ampliar a sua cultura.

Em todo caso, a questão é remetida para o espaço da escola, isto é, para os domínios do ensino formal. Tal procedimento, revela uma sutil distinção do conceito quando comparado com vulgarização, divulgação e popularização da ciência, termos mais amplos e afeitos à educação informal. Por outro lado, a alfabetização científica também pode ser desenvolvida em contextos que não têm como objetivo principal a PopC&T.

De acordo com Lorenzetti e Delizoicov (2001), existem três tipos de alfabetização científica. As diferenças entre elas referem-se não só aos seus objetivos, mas frequentemente ao público considerado, ao seu formato e aos seus meios de disseminação. Estas três formas são denominadas de alfabetização científica "prática", "cívica" e "cultural".

A alfabetização científica prática é aquela que contribui para a superação de problemas concretos, tornando o indivíduo apto a resolver, de forma imediata, dificuldades básicas que afetam a sua vida. A alfabetização científica cívica seria a que torna o cidadão mais atento para a Ciência e seus problemas, de modo que ele e seus representantes possam tomar decisões mais bem informadas. Num outro nível de elaboração cognitiva e intelectual, estaria

a alfabetização científica cultural procurada pela pequena fração da população que deseja saber sobre Ciência, como uma façanha da humanidade e de forma mais aprofundada (LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001, p.5). Para os referidos autores, um dos problemas dessa modalidade de alfabetização científica, é que, ela está disponível para um número comparativamente pequeno de pessoas. Nesse caso, seria muito importante ampliar as ações de divulgação científica permitindo um maior fluxo de informações relacionadas à ciência e tecnologia em todos os setores da sociedade.

Conforme se observa, a divulgação científica aparece aqui como uma atividade auxiliar e necessária ao desenvolvimento da alfabetização científica em sua modalidade cultural. Novamente, os autores estabelecem uma distinção entre os conceitos que, conforme já identificamos, parece situar-se na fronteira entre o ensino formal e o ensino informal. A alfabetização, mais comprometida pelo peso do próprio conceito, enquanto a divulgação, que discutiremos na próxima seção, aparece como uma forma mais geral e ligada às intervenções informais e do campo da comunicação.

Divulgação Científica

Por se tratar de um termo usado com maior frequência no Brasil, em muitos casos confundindo-se com o conceito de popularização, debruçar-nos-emos mais detidamente sobre o conceito de *divulgação científica,* acreditando que nos possa conduzir a um maior

esclarecimento de suas implicações, numa reconhecida tentativa de escapar à falsa obviedade que esconde as sutilezas por trás de um conceito.

A pergunta de como surgiu a divulgação científica remete-nos imediatamente à problemática questão do conceito de divulgação, que pode ser entendido como o ato ou ação de divulgar; do latim, *divulgare*, tornar conhecido; propalar, difundir, publicar, transmitir ao vulgo, ou ainda, dar-se a conhecer; fazer-se popular.

Luiz Estrada, prêmio Kalinga[56] da UNESCO, afirma que a divulgação surge com a própria ciência, referindo-se à ciência moderna, inaugurada com a união de experimento e teoria, a partir de Galileu. Para José Reis (2002, p. 76), mais do que contar ao público os encantos e aspectos interessantes e revolucionários da ciência, a *divulgação científica* é a veiculação, em termos simples da ciência como processo, dos princípios nela estabelecidos, das metodologias que emprega; revelando, sobretudo, a intensidade dos problemas sociais implícitos nessa atividade.

O professor Jurdant, da Universidade Louis Pasteur, acredita que a divulgação da ciência está mais preocupada com a construção de um mito em torno da ciência que com a explicação para o público de aspectos importantes da realidade que o rodeia. Para o autor, uma forma adequada de transmitir o conhecimento científico e tecnológico poderia desafiar o monopólio dos "experts" sobre a compreensão da realidade (apud HERNANDO 2002).

56 Fundação indiana de apoio a divulgação da ciência, instituiu um prêmio para os mais destacados nomes da divulgação científica no mundo.

Conforme a professora Sánchez Mora (2003), importante divulgadora científica no campo da literatura, a divulgação da ciência quer tornar acessível um conhecimento superespecializado, mas não se trata de uma tradução, no sentido de verter de uma língua para outra, e sim, de criar uma ponte entre o mundo da ciência e os outros mundos.

É importante notar como, na busca do conceito, a autora remete o problema para o campo da comunicação. De fato, não poderia ser diferente, considerando que qualquer ação educativa acaba sempre recaindo na questão da cultura e da comunicação. Nesse sentido, é importante a observação de Huergo (2001) ao analisar os significados transitivos e reflexivos da comunicação.

Proveniente de uma palavra latina: *communis*, que significa "por em comum", a comunicação pode apresentar dois sentidos. O primeiro transitivo "comunicar", equivalente a informar e transmitir e o segundo de comunicar-se, em diálogo horizontal com o outro. No sentido transitivo, a comunicação estaria intimamente aproximada com "divulgação", e haveria que se supor que "comunicar" seria transmitir ao vulgo (*di-vulgare*), algo que um ator ou um setor social especializado possui e tem construído (HUERGO, 2001).

Admitido este significado transitivo, revelam-se duas formas anteriormente veladas de poder. A primeira, quando se constata que enquanto um é o que fala, o outro é apenas o que escuta; um é o que transmite e o outro é o vulgo destinatário da mensagem. A outra, quando reconhece que enquanto um dos interlocutores experimenta o processo de conhecimento, o outro é somente "comunicado" – no

sentido de receber comunicados – ignorando-se todo o processo de conhecimento significativo presente nele. A esse respeito, Paulo Freire já nos alertava quando da definição do que chamou de "educação bancária".

> Na visão *bancária* da educação, o saber é uma doação dos que julgam-se sábios aos que julgam nada saber. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da ideologia da opressão – a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual esta se encontra sempre no outro (1981 p.66-67).

Esse entendimento da comunicação demonstra muito claramente a relação de verticalidade entre o divulgador e o povo. Relação que é legitimada com mais força no caso da ciência e tecnologia que, devido às "hiperespecializações", ao rápido desenvolvimento, à sofisticação dos mecanismos e à utilização de uma linguagem própria, vem se afastando crescentemente da cultura geral.

> Até o século XVII, a esfera da linguagem comum abrangia, quase totalmente, experiência e realidade; hoje ela abrange um domínio reduzido. Nos processos de observação, experimentação e interpretação lógica, a ciência, em especial a física, foi abandonando a descrição e a representação literais da realidade ... (SÁNCHEZ MORA, 2003 p.14).

Essas estruturas formais simbólicas, não tendo mais uma ligação direta com os sentidos, tornam-se cada vez mais alheias à experiência comum, dificultando substancialmente o diálogo horizontal no processo de construção da cultura[57].

Uma segunda perspectiva para o significado do conceito de comunicação é a reflexiva. Conforme essa visão, comunicação, antes que "comunicar" é "comunicar-se" num processo horizontal de compartilhamento e diálogo. O significado reflexivo da comunicação encontra lugar em várias correntes de pensamento importantes como "A teoria do agir comunicativo" do filósofo frankfurtiano Jurgen Habermas (1997) e a "Pedagogia do Oprimido" do educador Paulo Freire (1981).

De acordo com Freitag, as peças chave da teoria habermasiana são: a concepção dialógica (comunicativa) da razão e o caráter processual da verdade.

> Seguindo a ideia piagetiana da descentralização, Habermas afirma que a razão e a verdade resultam da interação do indivíduo com o mundo dos objetos, das pessoas e da vida interior. Por isso a razão e a verdade só podem decorrer da organização social dos atores interagindo em situações dialógicas (1986 p.112).

Isso não significa, no entanto, que a comunicação é sempre harmoniosa. Pelo contrário, raramente ocorre uma comunicação simétrica (entre iguais) e o diálogo,

57 Para um maior aprofundamento nessa questão, é importante ver, entre outros, (VIEIRA PINTO 1979; MARCUSE 1982; GERMANO 2004;).

mesmo quando possível, não inviabiliza o conflito. Nesse sentido, é importante compreender a comunicação dialógica como um encontro entre diferentes e não como acordo entre iguais.

Contrapondo-se ao modelo "bancário" e domesticador da educação, Paulo Freire (1981), embora não tenha proposto uma teoria da educação, sugere uma concepção dialógica e problematizadora do ato educativo que, em certo sentido, se aproxima de Habermas. Fundamentada na crença inabalável no homem como um ser inconcluso e consciente de sua inconclusão, dirigindo-se permanentemente em busca de ser mais, a educação libertadora, ou como foi chamada em uma de suas obras, a "educação como prática da liberdade", "ao contrário daquela que é prática da dominação, implica na negação do homem abstrato isolado, solto, desligado do mundo, assim também na negação do mundo como uma realidade ausente dos homens", assume, portanto, um caráter autenticamente reflexivo da comunicação e a dialogicidade como essência do ato educativo.

A partir dessas duas visões distintas ligadas ao conceito de comunicação, podemos identificar algumas tendências que referenciam algumas práticas de divulgação científica e prosseguir no caminho da diferenciação de conceitos e maior clareza do que entendemos como PopC&T.

Uma tendência muito forte, talvez hegemônica, é aquela fundamentada na difusão de uma espécie de desenvolvimentismo sem limites. Nesta perspectiva, existe uma preocupação em difundir, generosamente, a racionalidade e a cultura modernizada das nações desenvolvidas para as

nações subdesenvolvidas ou de setores sociais privilegiados àqueles considerados excluídos. Os proclames 1 e 3 – "A ciência a serviço do conhecimento e o conhecimento a serviço do progresso" – da Conferência Mundial da UNESCO (1999) sobre a Ciência para o Século XXI revelam claramente a força dessa tendência.

Esta concepção ingênua, ancorada em uma visão utópica da ciência e da tecnologia, resulta, não muito raramente, em intervenções apaixonadas e equivocadas de *divulgação científica*. A falsa crença, quase religiosa, de que a ciência é desenvolvida para o benefício de toda a humanidade e que certamente solucionará todos os nossos problemas, reforça a desarticulação entre ciência, sociedade e poder, apresentando os processos como despojados de todo conflito. Nessa perspectiva, segundo Habermas (apud Huergo, 2001), a comunicação (divulgação) adquire o sentido de "profanação", isto é, de iluminar o que está escuro ou comunicar o que está calado (tanto a natureza como a cultura popular equiparadas a forças naturais). Por outro lado, também assume o sentido de disciplinamento dessas forças naturais (presentes na natureza e também nas culturas populares). O domínio e controle dessas forças como possibilidade de controle da vida social. Daí se consagra a ideia de que para viver em sociedade é necessário um modo de comunicação determinado: racional, transparente, ordenado e controlado. "Como não há nada que não tenha o seu contrário, na medida em que os invadidos vão reconhecendo-se inferiores, necessariamente irão reconhecendo a superioridade dos invasores" (FREIRE 1981, p.178).

Essa perspectiva de divulgação referenciada no aspecto transitivo da comunicação acaba influenciando negativamente a organização das políticas e programas que deveriam conduzir a ações mais eficazes de educação popular em ciências. Nesse sentido, a divulgação científica está muito próxima de transmissão, entrega, doação, messianismo, mecanicismo, invasão cultural e manipulação (FREIRE 1971, p.22).

Tudo o que colocamos até o presente, aponta na direção de reservas a um conceito tradicional de *divulgação científica* fundamentado em visões estereotipadas do conhecimento científico e da cultura popular. Reservas que, por este ou por outros motivos, também foram feitas aos conceitos de vulgarização, difusão e alfabetização científica, conforme sintetizamos no quadro conceitual apresentado logo a seguir. Pelos motivos expostos, preferimos optar pelo conceito de PopC&T, que julgamos mais abrangente e um pouco menos problemático.

Quadro conceitual

	Vulgarização da ciência	**Difusão científica**	**Alfabetização científica**	**Divulgação científica**
Presença do conceito	De origem francesa, tem forte penetração naquele país.	Presente, mas pouco utilizada no Brasil.	Mais frequente nos Estados Unidos, país onde se originou.	Conceito de uso predominante no Brasil.
Conceito	Transmitir conhecimento científico ao vulgo (trivial, comum ou frequente), ao povo.	Disseminação, ou propagação das ideias e feitos tecnológicos da ciência para um conjunto maior da sociedade.	Ensinar conhecimentos básicos ou primários de ciências.	Comunicar, tornar público, fazer comunicados de conhecimentos científicos.
	Vulgarização da ciência	**Difusão científica**	**Alfabetização científica**	**Divulgação científica**
Semântica	Termo com forte conotação pejorativa	Sem problemas com a semântica	Termo com pouca conotação pejorativa	Termo com pouca conotação pejorativa
Natureza da educação	Mais próxima da educação informal	Termo abrangente que pode ser aplicado à educação formal e informal.	Mais próxima da educação formal	Educação informal e meios de comunicação
Metodologia de atuação	Pouca ênfase no diálogo, responsabilidade principal no cientista.	Pouca ênfase no diálogo, e maior preocupação com a propagação das conquistas da ciência.	Maior possibilidade de diálogo, responsabilidades compartilhadas.	Pouca ênfase no diálogo, responsabilidade principal nos cientistas e comunicadores.

Popularização da Ciência

Como já foi mencionado, o termo *popularização da ciência* – considerada a ciência como ciência moderna – surgiu na França do século XIX como alternativa ao conceito de vulgarização. O uso do termo, porém, não encontrou aceitação na comunidade científica francesa, onde prevaleceu a corrente dos comunicólogos (divulgadores) cujo maior interesse era a transmissão de mensagens e os processos que nela intervêm. O termo *popularization of science*, *popularização da ciência* vai conseguir maior penetração entre os britânicos que, conforme Sánchez Mora (2003), mostravam-se mais preocupados com o produto e os aspectos práticos que com a forma. Argumentos que revelam esta tendência são destacados em Kulesza (1998).

O termo PopC&T tem atualmente uma forte penetração em países latino-americanos e caribenhos e atestando a sua importância, foi criada recentemente (1990) a *Rede de Popularização da Ciência e da Tecnologia* na América Latina e no Caribe (Rede-POP) que, conforme já referimos, tem como uma de suas metas principais mobilizar os potenciais nacionais e regionais através de diferentes mecanismos de cooperação, com o propósito de fortalecer a PopC&T na região.

No Brasil, o termo é reafirmado a partir da criação do *Departamento de Popularização e Difusão da Ciência e Tecnologia*, órgão vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia, que tem como principal atribuição formular políticas e implementar programas nesta área.

Popularização é o ato ou ação de popularizar: tornar popular, difundir algo entre o povo, o que remete a dois novos conceitos também problemáticos. O conceito de popular: agradável ao povo; próprio do povo ou destinado ao povo e ao conceito de povo: "vulgo, massa, plebe, multidão, turba, ralé ou escória".

Reconhecendo a imprecisão do termo *povo*, bem como do adjetivo *popular* nas Ciências Sociais, Wanderley (1980) utiliza o conceito através de uma estratégia dualista: *povo e não-povo; povo e antipovo; povo e elite; povo e indivíduo*, vinculando o conceito de *povo* ao de *classes sociais*. Semelhante a Wanderley, Sales define povo como "uma situação e um posicionamento na sociedade. Povo são os excluídos, os que vivem ou viverão do trabalho e os que estão dispostos a lutar ao seu lado" (1999, p.116).

No artigo, "Como se Conceitua Educação Popular?", Rodrigues (1999) desenvolve uma importante especulação em torno do conceito de *popular*, mas é em Melo Neto (2004) que vamos encontrar um conceito construído a partir do resgate de muitas falas extraídas a partir do universo dos movimentos populares e de suas realidades.

Tomando como referência as contribuições da práxis em educação popular, podemos afirmar, com Melo Neto, que o *popular* está ligado aos esforços presentes no trabalho do *povo, das classes populares*. Daqueles que vivem e sempre viverão do trabalho. Mas, isso não diria tudo. O termo *popular* também encontra-se sustentado nos movimentos sociais populares e na clareza política de suas lutas em benefício das maiorias e minorias oprimidas que jamais abrem mão de suas esperanças e utopias libertadoras.

De um ponto de vista operacional, Mueller (2002) define popularização da ciência como um "processo de transposição das ideias contidas em textos científicos para os meios de comunicação populares", restringindo o conceito à esfera dos textos escritos e aos meios de comunicação. Numa concepção mais abrangente, Sánchez Mora (2003, p. 9) defende que "popularizar é recriar de alguma maneira o conhecimento científico", tornando acessível um conhecimento super especializado. Mais ou menos nessa mesma linha, Albagli apresenta o seguinte conceito:

> Popularização da ciência ou divulgação científica (termo mais frequentemente utilizado na literatura) pode ser definida como o uso de processos e recursos técnicos para a comunicação da informação científica e tecnológica ao público geral. Nesse sentido, ... supõe a tradução de uma linguagem especializada para uma leiga, visando a atingir um público mais amplo (1996, p.397).

Como a grande maioria dos envolvidos com esse debate, Albagli (1996) também assemelha os conceitos de divulgação e popularização da ciência. Mas, a rigor, estes conceitos são diferentes.

Huergo (2001) conceitua *popularização da ciência* como uma ação cultural que, referenciada na dimensão reflexiva da comunicação e no diálogo entre diferentes, pauta suas ações respeitando a vida cotidiana e o universo simbólico do outro. Na opinião de Lens (2001, p. 2), entre essas duas concepções (divulgação e popularização) existe a mesma distância que existe entre a educação bancária ligada ao

ensino tradicional e a educação libertadora defendida pelos educadores populares.

De outro modo, considerada a plasticidade dos termos, é fácil verificar que no contexto brasileiro, o conceito de divulgação científica é geralmente associado ao conceito de popularização da ciência, sobretudo, no que se refere à ideia de divulgar para popularizar. Assim, poderíamos colocar a seguinte questão: é possível divulgar sem popularizar, ou dito de outra forma, toda divulgação é necessariamente uma forma de popularização?

Do nosso ponto de vista, a resposta é não. Embora algumas iniciativas de divulgação científica estejam envolvidas em contextos e objetivos de popularização da ciência, nem sempre o ato de divulgar ou difundir ideias e conteúdos científicos estão orientados para este fim. O mesmo serve para as iniciativas de alfabetização científica que, como a vulgarização e a divulgação, também podem, ou não, orientar-se por objetivos de PopC&T.

Portanto, se assumirmos o *popular* na acepção que foi colocada anteriormente, *popularizar* é muito mais do que vulgarizar ou divulgar a ciência. É colocá-la no campo da participação popular e sob o crivo do diálogo com os movimentos sociais. É convertê-la ao serviço e às causas das maiorias e minorias oprimidas numa ação cultural que, referenciada na dimensão reflexiva da comunicação e no diálogo entre diferentes, oriente suas ações respeitando a vida cotidiana e o universo simbólico do outro.

Diferentemente de sua concepção inglesa, acreditamos que o termo *popularização da ciência* tenha ganhado força na América Latina, por conta das diversas lutas populares que

marcam a história da região. Em um cenário aonde vimos nascer uma Teologia da Libertação, uma Pedagogia do Oprimido e uma Educação Popular, é natural que o termo tenha uma presença marcadamente diferente. Por outro lado, ao assumirmos a diferença e as implicações de tal conceito, somos imediatamente forçados a nos perguntar sobre a natureza da ciência que, pretensamente, desejamos popularizar.

Se a ciência moderna se constituiu em um processo de ruptura com os saberes de senso comum, por que agora esse discurso de uma necessária popularização do conhecimento científico e tecnológico? Quais os principais argumentos apresentados em favor de tal empreendimento? O que pensa a comunidade científica a esse respeito? O que sugerem os educadores populares?

Popularização da Ciência e Tecnologia: limitações e possibilidades

Popularização da Ciência e Inclusão Social

Não é custoso repetir que a negação histórica do acesso ao conhecimento científico e tecnológico vem se constituindo em uma das mais perigosas formas de exclusão social, estando presente nas relações entre indivíduos, grupos sociais e até entre nações. Conforme reconhece a agenda da UNESCO,

> A maior parte dos benefícios derivados da ciência estão desigualmente distribuídos por causa das assimetrias estruturais existentes entre os países, as regiões e os

> grupos sociais, sobretudo, entre os sexos. Conforme o saber científico tem se tornado um fator decisivo na produção de bem-estar, sua distribuição tem se tornado mais desigual (1999, p.5, tradução nossa).

De fato, enquanto o conhecimento científico-tecnológico avança em grande escala, a maioria da população vai se tornando cada vez mais alheia às estranhas conquistas de sua própria cultura. Nesse sentido, a marcha veloz do desenvolvimento científico se constitui em mais um agravante fator de exclusão social e, com base nessa constatação, sustentam-se os argumentos de PopC&T como forma de inclusão social.

Em obra recente, "Ciência e Inclusão Social", Matos (2002) organiza uma série de artigos que aponta algumas iniciativas importantes nessa direção. Todavia, como sugere Albagli (1996), se nos interessa mesmo popularizar a ciência, "parece também necessário 'popularizar', junto aos cientistas, alguns argumentos sociais e filosóficos" que, certamente, influenciarão no seu quefazer e na compreensão dos limites impostos ao seu universo de atuação. Corroborando esse ponto de vista, acreditamos que a compreensão do processo de divisão do trabalho também possa auxiliar na explicação da crescente exclusão do acesso ao conhecimento que, longe de uma consequência casual, tem suas bases no divórcio entre teoria e prática, entre as origens materiais do conhecimento e sua formulação teórica.

Não é por acaso que a divisão do trabalho, principal fundamento do modo de produção capitalista, torna-se o eixo principal das poucas falas de Marx em torno do

problema da educação. De fato, conforme reconhece Vieira Pinto (1979), no contexto de sociedades divididas em classes, a cultura deixa de ser um bem unitário e se bifurca em duas metades contraditórias. Uma delas representada no seleto grupo dos letrados que se apropriam do aspecto subjetivo da cultura tornando-se dona das ideias e do conhecimento, enquanto a outra, afastada da esfera ideal da cultura, recebe as funções operativas e, no máximo, uma "instrução básica" condicionada ao desenvolvimento dos novos processos produtivos. De acordo com Adam Smith (apud Saviani, 2005), era importante o ensino popular pelo Estado, desde que fosse feito em doses prudentemente homeopáticas. Mas, para o Senador Garnier, mesmo essa pequena formação, era contrária aos princípios básicos da divisão do trabalho.

> Como todas as outras divisões do trabalho, a que existe entre o trabalho manual e o trabalho intelectual se torna mais acentuada e mais evidente à medida que a sociedade [...] se torna mais rica. Como qualquer outra divisão do trabalho esta é conseqüência de progressos passados e causa de progressos futuros [...]. Deve então o governo contrariar essa divisão e retardar sua marcha natural? Deve empregar uma parte da receita pública para confundir e misturar duas espécies de trabalho que tendem por si mesmas a se separar? (apud SAVIANI, p.255/256)

As respostas para as indagações do Senador Garnier são as mais claras possíveis e revelam, sem nenhuma dúvida, a arquitetura de um projeto que procura manter

uma cisão quase insuperável no interior da cultura. Na opinião de Mandeville citado por Saviani (2005, p.256), "em uma nação livre na qual não se permite a escravidão, a riqueza mais segura consiste numa multidão de pobres laboriosos". Assim, "para fazer feliz a sociedade e manter contentes as pessoas, ainda que nas circunstâncias mais humildes, é indispensável que o maior número delas sejam ao mesmo tempo pobres e totalmente ignorantes". Todavia, contrariando as expectativas de Mandeville, o próprio desenvolvimento da indústria e a necessidade de uma coesão mínima em torno das instituições vão exigir uma formação elementar para os trabalhadores, prevalecendo, portanto, a tese de Smith. O caso do Brasil colonial é um exemplo dessa tensão contraditória. Como escreve Paiva (2000), ao se fixarem no Brasil, os jesuítas estabeleceram escolas e começaram a ensinar a ler, escrever, contar e cantar. Apesar dos protestos dos fazendeiros e senhores de engenho, os missionários da Companhia de Jesus assumiram a tarefa de alfabetizar os índios, mesmo que em Portugal, o povo não fosse completamente alfabetizado. Na zona de confronto entre as culturas, era fundamental impor e preservar a cultura portuguesa através de sua língua, seus costumes e sua religião. Mas, sempre respeitadas as doses homeopáticas prescritas por Smith.

Se nos surpreende a contradição do analfabetismo em uma sociedade altamente avançada em conhecimentos científicos e tecnológicos, a realidade histórica do processo de produção capitalista nos revela, de maneira clara e dramática, a arquitetura maquiavélica de construção desse projeto que, direta ou indiretamente, sempre contou com a ciência e tecnologia como uma de suas principais forças

propulsoras. E as forças que conduziram a tal processo continuam em disputa no mesmo jogo de poder que privatiza os conhecimentos estratégicos e essenciais, enquanto prescreve, quando muito, doses homeopáticas de ensino para a maioria da população.

É na contra corrente desse movimento que deveriam situar-se as políticas e ações de PopC&T, sobretudo concentrando esforços para auxiliar a escola em sua gigantesca tarefa na formação básica, além de buscar o público que se encontra à margem desse universo. Se, como observa Gaspar (1993, p.3), "a distância entre o saber abrangido pela escola e aquele gerado e acumulado pelo homem cresce assustadoramente" e cada vez mais a humanidade, em sua imensa maioria, está alheia àquelas que são alardeadas como suas maiores conquistas, o aprofundamento da discussão em torno de uma pretensa e necessária PopC&T torna-se indiscutivelmente necessário.

No contexto oficial brasileiro, o enfrentamento da questão está diretamente vinculado às políticas públicas de inclusão social. E não é sem razão que, no espaço do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) encontra-se uma Secretaria para Inclusão Social, no interior da qual, situa-se o Departamento de Popularização e Difusão da Ciência. Evidentemente, os argumentos principais que orientam os programas nacionais em Difusão e Popularização do conhecimento científico e tecnológico estão diretamente vinculados à questão da inclusão social. Nesse sentido, além das atividades desenvolvidas através da educação formal vinculada ao Ministério de Educação, contamos agora com uma Secretaria destinada a apoiar iniciativas no universo da educação não formal em ciências e tecnologia.

Conforme Ildeu de Castro Moreira, atual Diretor do DEPDIC,

> Um dos aspectos da inclusão social é possibilitar que cada brasileiro tenha a oportunidade de adquirir conhecimento básico sobre a ciência e seu funcionamento que lhe dê condições de entender o seu entorno, de ampliar suas oportunidades no mercado de trabalho e de atuar politicamente com conhecimento de causa (2006, p.1).

Nesse sentido, considera fundamental para a educação mínima do cidadão a aquisição de alguns conhecimentos básicos em ciência e tecnologia. Noções que lhe permitam conhecer os métodos e usos da ciência, bem como os riscos e incertezas de suas construções, além dos vários interesses e determinações de natureza econômica, política, militar e cultural que as influenciam. Mas, o quadro que se apresenta não é dos mais animadores, e os desafios neste, como em muitos outros campos relacionados à desigualdade e exclusão social, é imenso.

De acordo com o professor Candotti (2003), presidente da SBPC em uma fala de 2003, apenas cinco, ou no máximo 10 milhões de brasileiros teriam acesso a um conhecimento mínimo de questões científicas. Mesmo contando com os meios de comunicação de massa, jornais, revistas, Museus de Ciências e computadores ligados à Internet; mesmo diante de todas as novas possibilidades de comunicação, ainda contamos com um déficit aproximado de 160 milhões, o que se constitui em um enorme desafio para a nação brasileira. Mesmo as poucas iniciativas, consideradas

as desigualdades regionais na distribuição da riqueza, acabam concentrando-se em algumas regiões; a maioria dos museus e centros de ciências brasileiros está concentrada nas grandes capitais e nas regiões Sul e Sudeste do país. De acordo com Moreira (2006), um número muito pequeno de brasileiros, cerca de 1% da população, visita algum centro ou museu de ciências a cada ano, enquanto em alguns países europeus a média chega a ser de 25% da população.

Nesse caso, é importante levar em consideração o tamanho das populações, o número de Museus e Centros disponíveis e a qualidade da infraestrutura econômica, bem como formação básica do povo. No caso brasileiro, contamos com problemas em todos esses níveis: uma grande população, comparada com alguns países da Europa; um número muito pequeno de Museus e Centros disponíveis; e uma população com baixos níveis de renda e escolaridade.

Em dados de 2001, as pesquisas revelavam que o número de analfabetos funcionais no Brasil era de aproximadamente 33,1 milhões, cerca de 27% da população em idade escolar. Somando-se a estes, mais 14,9 milhões de analfabetos universais, tínhamos naquele ano um total aproximado de 46 milhões de brasileiros excluídos do processo elementar da leitura e da escrita. No Nordeste, a situação é ainda mais grave com 42,8 % de analfabetos funcionais e um total aproximado de 22 milhões de analfabetos. Na Paraíba, estado onde desenvolvemos nossa pesquisa, os números são ainda piores: 47,1% de analfabetos funcionais num total aproximado de 1,77 milhões de paraibanos analfabetos (INEP, 2003).

Além disso, ainda enfrentamos uma dificuldade adicional: a qualidade da educação formal em ciências e tecnologia é, via de regra, bastante precária. Embora este seja um problema antigo que remonta aos debates contra o ensino tradicional vivenciados na década de sessenta do século passado[58], o ensino de ciências continua precário, carente de recursos e desatualizado. O antigo modelo tradicional, caricaturado com algumas inovações, persistiu e as sonhadas atividades experimentais, valorizando a criatividade e despertando a curiosidade e o interesse dos estudantes, praticamente não existem. Os baixos níveis salariais dos professores que, ao longo de vários anos vêm acumulando perdas substanciais, resultaram numa enorme carência de profissionais da educação, sobretudo nas áreas das ciências naturais. Embora a situação das escolas privadas não seja muito diferente, este quadro se refere fundamentalmente à educação pública, sobretudo, porque são as escolas públicas as grandes responsáveis pela educação de mais 85% de toda a população brasileira. No caso do ensino fundamental esse número supera a marca dos 90% (INEP, 2003). Se de um ponto de vista quantitativo, podemos verificar avanços na oferta da educação pública, o mesmo não se verifica na qualidade dos serviços oferecidos.

58 Já na década de sessenta, através de instituições como FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências); IBECC (Instituto Brasileiro de Educação Ciências e Cultura) e outros centros espalhados pelo pelos estados, vários projetos oriundos dos Estados Unidos foram implantados no Brasil com o objetivo de melhorar o ensino de ciências e combater o ensino tradicional. Como exemplos, podemos citar o PSSC (1962) e o Projeto Harvard (1970). A esse respeito ver Fracalanza (1986); Caniato(1987); Delizoicov(1991).

Embora constatando uma acelerada expansão do ensino médio, Moreira (2006) reconhece que uma parcela muito pequena de brasileiros consegue concluir esta etapa do ensino formal e que a média de escolaridade dos brasileiros é muito baixa quando comparada a dos países desenvolvidos e mesmo com alguns países latino-americanos. No que se refere ao ensino universitário, apenas 11% alcançam esta etapa, e somente 1% segue carreira na área de ciências e tecnologia.

Se, como pensa Candotti, para fazer divulgação científica for necessário certo conhecimento mínimo que deveria ser desenvolvido ao longo do ensino médio, o problema torna-se ainda mais complexo.

> Para fazer divulgação científica é necessário universalizar o segundo grau. [...] Toda experiência científica é uma ação codificada, é uma ação escrita em uma língua própria, uma forma de comunicação que é própria daquela experiência. Há uma pré-teoria escondida atrás dessa experiência. Essa formação, a chave para interpretação desses códigos, deveria ser dada no segundo grau. No nosso mundo, o segundo grau não dedica às ciências a infra-estrutura necessária para que sejam ensinadas. Elas precisam de laboratórios, de um apoio experimental, que, em geral, as escolas não têm (CANDOTTI, 2005, p. 44-45).

Mas, de acordo com Moreira (2006), é justamente pelas dificuldades enfrentadas no âmbito da educação formal, com demandas gigantescas em termos de inclusão, tanto

no que se refere à alfabetização universal como ao novo conceito de inclusão digital, que o desenvolvimento de políticas públicas de apoio a iniciativas no campo da educação informal, sobretudo, no que se refere à PopC&T, é uma importante via alternativa de ação educacional inclusiva. Nesse sentido, ainda conforme Moreira (Idem, p.5), a Secretaria de Ciências e Inclusão Social estabeleceu como metas para 2004/2006:

> 1. apoio a centros e museus de ciência (criação e fortalecimento de centros e museus de ciência, itinerância de exposições, Programa Ciência Móvel);
>
> 2. estímulo a uma presença maior e mais qualificada da CT na mídia;
>
> 3. colaboração na melhoria do ensino de ciências nas escolas (em parceria com o MEC), com apoio a olimpíadas, feiras de ciências, concursos e outros eventos e à melhoria da qualificação e das condições de trabalho dos professores;
>
> 4. criação e consolidação da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia;
>
> 5. apoio a eventos importantes de divulgação científica, como encontros da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e entidades similares, as comemorações do Ano Mundial da Física (2005), ou do centenário do voo do 14-Bis (2006);
>
> 6. promoção de ações regionais de divulgação em parceria com governos estaduais e municipais, universidades e instituições de pesquisa, Terceiro Setor e outras;

7. apoio à formação e qualificação de comunicadores em ciência e busca de valorização acadêmica da área;

8. programas dos centros vocacionais tecnológicos e de inclusão digital com forte componente voltada para a popularização da CT;

9. estabelecimento de cooperações com governos e organismos internacionais [Ibero - América (Cyted), Mercosul (Recyt), Unesco, Rede Pop e outros] na área da popularização da CT.

Mesmo destacando a importância de algumas iniciativas do atual governo, tais como: a criação de um departamento para difusão e popularização da ciência, abertura de editais para centros e museus de ciência e a criação de uma Semana Nacional de Ciências e Tecnologia, o diretor do Departamento de Popularização e Difusão da Ciência, ainda, aponta para a necessidade urgente de se estabelecerem políticas gerais e de se formular e executar um programa nacionalmente articulado nessa direção.

Como fica evidente, o argumento principal que orienta as ações do governo brasileiro em matéria de PopC&T, está fundamentado no reconhecimento da desigualdade social e exclusão de grande parte da população do acesso a um conhecimento mínimo em ciências e tecnologia, o que demandaria um esforço conjunto em torno das políticas de inclusão social. Isto não significa que a ciência possa, sozinha, dar conta de uma série de problemas e conflitos que disputam interesses no conjunto da sociedade. Nesse sentido, outros argumentos apoiados em interesses diferentes podem aliar-se a uma mesma fala no sentido de garantir presença na disputa de recursos e de poder.

Por um Controle Social da Ciência

Uma das fortes razões relacionadas ao porquê de *popularizar a ciência* é, sem dúvida, o necessário controle social dessa forma de conhecimento pela população. Os argumentos apresentados pela comunidade científica britânica são bastante contundentes nesse sentido.

> Primeiro, a ciência é possivelmente a maior realização da nossa cultura e o povo merece conhecê-la; segundo, a ciência afeta as nossas vidas cotidianas e o povo precisa estar a par dela; terceiro, muitas decisões de política pública envolvem a ciência e estas só serão genuinamente democráticas se forem fruto de um debate *público* esclarecido e quarto, a ciência é financiada por verbas públicas e este apoio é (ou ao menos deveria ser) baseado num nível minimamente aceitável de conhecimento *popular* (DUARNT, EVANS E THOMAS, apud KULESZA, 1998, p. 49).

Embora reconheçamos as dificuldades envolvidas nessa tarefa, sobretudo, considerando que a pesquisa científica não é algo facilmente controlável, é possível enfrentar a discussão partindo do controle dos desenvolvimentos e aplicações da ciência, para em seguida avançarmos no debate sobre a necessária influência da população em um controle prévio dos rumos das pesquisas.

Não é novidade que encaminhamentos de questões relacionadas com ciência e tecnologia envolvem riscos e custos, além de aspectos simbólico-culturais que deveriam necessariamente passar pelo crivo da população. Questões

como: produção de alimentos transgênicos, clonagem humana, eutanásia, utilização de células troncos e muitas outras são exemplos de como um conhecimento mínimo de assuntos pertinentes à ciência e suas aplicações é fundamental para a garantia de uma democracia, pelo menos, representativa e de qualidade razoável.

Em face dessa urgência, é importante refazer as perguntas de Candotti (2003): "Tudo que está ao nosso alcance, em termos de desenvolvimento e aplicações do conhecimento científico, deve ser realizado? Tudo o que é possível fazer, deve ser feito"? Podemos clonar, devemos clonar? Se sabemos fabricar uma bomba atômica, devemos fabricá-la? Se podemos chegar até a lua, devemos desenvolver um projeto espacial para chegar até lá? Enfim, se dominamos o conhecimento necessário ao alcance de determinados objetivos, estes objetivos devem ser alcançados? Quem deve decidir isso? Na atual conjuntura, quem tem definido essas questões são as classes dominantes e os interesses de mercado, a quem pouco interessa as opiniões e anseios das maiorias e minorias excluídas.

Para Candotti (2002, p.17), "a circulação das ideias e dos resultados de pesquisas é fundamental para avaliar o seu impacto social e cultural, como também para recuperar, por meio do livre debate e confronto de ideias, os vínculos e valores culturais que a descoberta do novo, muitas vezes rompe ou fere".

Embora concordemos com o princípio da argumentação, que diz respeito ao controle das aplicações tecnológicas do conhecimento científico, verificamos a existência de um fio muito tênue entre o que podemos fazer e o que já fizemos

ou estamos fazendo. Depois de construído um determinado tipo de conhecimento, é muito pouco provável que não seja desenvolvido e concretizado em termos de aplicações tecnológicas e práticas. Na maioria dos casos, o sonho de materialização das hipóteses já se encontra nos objetivos iniciais da pesquisa.

Desse ponto de vista, é necessário interferir previamente nos rumos que devem ser dados às investigações, definindo, a priori, para onde devemos dirigir os nossos olhares e quais as perguntas para as quais devemos concentrar esforços de resposta. Se devemos participar de um projeto conjunto para o lançamento de um satélite, que envolve gastos da ordem de 100 milhões de dólares, ou se é preferível usar esse recurso para equipar os hospitais públicos, em grande maioria sucateados, é uma questão de estabelecer prioridades, o que numa sociedade democrática exige a participação de cada vez mais interlocutores, com razoável soma de conhecimentos que lhes permitam opinar diretamente ou delegar às pessoas certas a responsabilidade desse tipo de decisão[59].

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992, (Agenda 21, 1997), chama atenção para um outro aspecto da questão, ressaltando que a popularização não é importante apenas para o povo conhecer as criações da ciência,

---

59 Recentemente (2006), enfrentamos polêmica semelhante em relação a inclusão do astronauta brasileiro Paulo Pontes em uma missão espacial que, para alguns críticos, não teria importância nem prioridade alguma para o país. Para o então Ministro de Ciência e Tecnologia, Sérgio Rezende, o investimento da ordem de 21 milhões de reais era pequeno diante da importância do projeto. REZENDE, S. *O Brasil no espaço, um programa* estratégico.

mas, principalmente, para poder influenciar nos rumos das pesquisas. De modo que, nos termos da referida conferência, "deve-se ajudar o público a comunicar à comunidade científica e tecnológica suas opiniões sobre como a ciência e a tecnologia podem ser melhor gerenciadas para influir beneficamente na vida dele".

Para Sagan,

> ... as conseqüências do analfabetismo científico são muito mais perigosas em nossa época do que em qualquer outro período anterior. É perigoso e temerário que o cidadão médio continue a ignorar o aquecimento global, por exemplo, ou a diminuição da camada de ozônio, a poluição do ar, o lixo tóxico e radioativo, a chuva ácida, a erosão da camada superior do solo, o desflorestamento tropical, o crescimento exponencial da população (1996, p.21).

O desconhecimento das conquistas culturais humanas é prejudicial em qualquer momento da história. No caso de uma sociedade cada vez mais submetida aos domínios da ciência e tecnologia, esse desconhecimento assume, de fato, prejuízos ainda maiores. Nesse particular, a pergunta de Sagan (1996, p.22) referindo-se ao problema americano é semelhante a nossa: "como é que os norte-americanos decidem essas questões? Como é que instruem os seus representantes? Quem de fato toma suas decisões, e baseando-se em que fundamentos?".

Conforme o professor Candotti (2003), quando presidente da SBPC, um dos sérios problemas enfrentados pela

instituição era a permanente cobrança dos governos em busca de pareceres da comunidade científica sobre questões polêmicas[60], como no conhecido caso dos transgênicos e da clonagem de seres humanos. Para ele, não se trata de questões simples, triviais e que exigiriam apenas um parecer técnico. Pelo contrário, são problemas que envolvem outras variáveis, como por exemplo, as dimensões simbólico-culturais da população e outros interesses de natureza econômica e política. Portanto, deveriam levar em consideração o parecer da maioria da população. No entanto, para poder opinar, o povo precisaria dominar um conhecimento mínimo dos assuntos em pauta, o que não é o caso.

No Brasil, muitos esforços e iniciativas no sentido de aproximar a ciência do povo foram desenvolvidos principalmente nas décadas de oitenta e noventa. Novos Centros e Museus de Ciências foram criados, livros e revistas foram publicados em número crescente, vários eventos de divulgação se espalharam pelo país e um número razoável de pesquisas sobre o tema foi desenvolvido, resultando em teses e inúmeros artigos importantes, (MARANDINO, 2003). Contudo, na opinião de Massarani (2002), ainda estamos muito distante do mínimo necessário. Mesmo a grande possibilidade da mídia ainda é pouco aproveitada e, conforme lembra Sousa (2003, p. 125), o determinismo da audiência continua a exercer forte influência sobre o que deve ser veiculado. Nesse caso, considerada a natureza

60 Outros exemplos de questões polêmicas em torno de demandas científicas são: os problemas de segurança de instalações nucleares; o estoque e depósito do lixo atômico; os transplantes de órgãos; prolongamento artificial da vida através de aparelhos; a eutanásia; a engenharia genética, o aquecimento global e muitos outros.

densa e técnica dos fatos científico-tecnológicos, para uma mídia televisiva orientada pelo imperativo da audiência, essa programação torna-se pouco atraente e não recomendável.

Para a Erradicação de um Mito

Ainda hoje quando se fala de ciências, a imagem predominante é aquela muito aproximada do mito. Algo muito além do conhecimento do cidadão comum e que tem grande poder de verdade. Para a maioria das pessoas, o cientista e a ciência habitam o mundo das coisas fantásticas e de compreensão inacessível.

Embora estejamos em permanente contato com os produtos da ciência, tanto no que se refere aos aparatos tecnológicos, como às conquistas em termos de comunicação, experimentamos, em um primeiro momento, a dolorosa sensação de que muito pouco ou nada sabemos a respeito de como são elaborados e como funcionam os aparatos científicos. Na opinião de Barros (2002), os produtos da tecnologia tentam ser os mais amigáveis para o usuário, tornando aparentemente desnecessário conhecer os princípios fundamentais que possibilitam o funcionamento do artefato tecnológico, para saber utilizá-lo. Portanto, "A tendência, que se pode observar hoje é a de valorização da técnica e da tecnologia em detrimento da ciência, embora todo o discurso tenha na ciência sua base". Se por um lado, todos reconhecem que a ciência faz parte da cultura, por outro, cria-se a falsa imagem de que a produção científica é uma tarefa alheia as outras atividades humanas.

Essa é uma visão da ciência e tecnologia assentada em bases iluministas e vinculada ao projeto de desenvolvimento da modernidade a partir do século XIX. Projeto que, seguindo as regras da produção burguesa nascente, vai desenvolver um tipo de razão *teórica-analítica- instrumental* que, conforme Marcuse (1982), ao permanecer *"pura e neutra"*, entra para o serviço da razão prática.

A partir desse ponto de vista, cria-se uma espécie de benevolência em relação ao conhecimento científico e certa euforia quase dogmática em que toda dúvida é silenciada mediante o comprovado desenvolvimento tecnológico. Contentamo-nos, e isso é revelador, com o consumo e uso da tecnologia e transferimos a tarefa de pensar para os especialistas, isto é, os técnicos e cientistas. O poder da ciência nos acomoda e nos intimida. Diante de tanto conhecimento acumulado e em meio a tantos especialistas para que serve nossa opinião? Que contribuição teria nosso estudo para a tão majestosa e elaborada produção científica atual da humanidade? Haveria ainda alguma importante descoberta com a qual pudéssemos contribuir? Aqui, revela-se uma importante contradição para a qual Alves (1985) chama a nossa atenção. Se, por um lado, precisamos desenvolver cada vez mais a habilidade do pensamento e da criatividade, por outro, fortalecemos a ideia de que existe uma categoria especializada em criar e pensar de forma correta: *os cientistas*.

Diante do exposto, a PopC&T assume um caráter fundamental. Primeiro porque permite uma proximidade do povo com o discurso da ciência, revelando o seu caráter histórico e humano, a sua proximidade com o senso comum, sem o qual perderia todo o sentido. Segundo,

porque pode enfrentar o grande desafio de “popularizar a ignorância”, isto é, revelar o que ignoramos e as incertezas do conhecimento que produzimos. Para Candotti (2003), “a popularização do que desconhecemos é tão ou mais importante do que a popularização do que conhecemos”. Mesmo porque, ao revelarmos os limites do conhecimento, estamos sendo fiéis a própria natureza do método científico. Qualquer afirmação em bases científicas estará sempre limitada a certas condições relacionadas ao modelo e longe das proposições de natureza absoluta.

É fundamental, então, que o povo tenha o conhecimento desse fato, que as classes populares possam entender melhor a natureza da ciência, podendo apreciá-la em suas verdades construídas a partir do reconhecimento dos modelos e do entendimento da ciência como parceira e aliada do senso comum. É preferível conhecer as incertezas para poder avançar no conhecimento, a omitir essas incertezas em benefício de um falso conhecimento absoluto geralmente condicionado aos interesses econômicos do mercado.

Esta ideia também pode ser muito útil aos afazeres do professor, sendo muito importante encorajar os estudantes a revelarem o que não sabem, a tornarem público o seu desconhecimento.

Do nosso ponto de vista, essa atitude permitiria uma maior fluidez de perguntas e um diagnóstico mais preciso da real situação do aluno. Por outro lado, esse encorajamento exigiria uma postura amável, dialógica e profundamente ética da parte do professor, principalmente reconhecendo publicamente a verdade das limitações de seu próprio

conhecimento. Infelizmente, não é o que se verifica nas nossas escolas, ainda arraigadas a um modelo caricaturado da escolástica em que os mestres se esforçam para enaltecer o pouco que conhecem e os discípulos procuram esconder o muito que desconhecem.

Assim, popularizar a ciência é importante, sobretudo, para tornar públicas as suas limitações e possibilidades. O povo deve aprender que tudo o que é cientificamente comprovado, o é, dentro de certas condições limitadas ao modelo. E que isto é, de fato, o científico. É possível, como afirmou Candotti (2003) viver com limitações e incertezas, mas é muito importante que sejam limitações e incertezas conhecidas. A omissão do que desconhecemos é uma atitude falsa e criminosa.

Contra as pseudociências

Ao aproximar-se do domínio público, a ciência também pode ser importante para combater outras formas de mitos e charlatanices que, apoiados em proposituras falsas e dogmáticas facilmente questionáveis pelo mínimo conhecimento e habilidade com o método científico, ainda são bastante frequentes no mundo moderno. Em "O Mundo Assombrado Pelos Demônios", Sagan (1996) chama a nossa atenção para esse fato e, embora reconheça os limites e males produzidos pela ciência, ainda deposita grande esperança nessa forma de conhecimento, fazendo uma dura crítica a certos tipos muito populares de pseudociências.

Para o divulgador americano, as falsas ciências ainda se constituem em um lado obscuro da humanidade.

Infelizmente, a era da exploração do espaço, dos microcomputadores e da biotecnologia é também marcada pela forte presença da astrologia, cartomancia, quiromancia, videntes, bruxos, magos, curandeiros e diversas seitas que abusam desavergonhadamente da boa fé do povo em todo mundo. Em muitos casos, segundo afirma Hernando (2002, p.13), "as falsas ciências gozam de uma popularidade que não podemos desconhecer". Valendo-se do prestígio da ciência oficial acadêmica, dispõem de meios muito eficazes de persuasão. Explorando o vocabulário especializado, encontram um excelente campo de cultivo na ignorância e na carência das classes populares. Geralmente a astrologia, confunde-se propositadamente com a Astronomia; a numerologia se confunde com a Matemática e muitas outras seitas procuram confundir as pessoas com argumentações pseudofilosóficas.

Aqui também é importante uma posição de cautela para não assumir uma postura absoluta e dogmática que deposita na ciência, e apenas nela, as respostas para todas as questões humanas. O descredenciamento de outras formas de expressão cultural em benefício de uma única forma de racionalidade, a científica, é tão ou mais prejudicial que as charlatanices que procura combater.

Acreditamos que a popularização da ciência seja necessária, não como uma cruzada em combate às falsas crenças e religiões, mas como uma alternativa de explicação e compreensão da realidade que se expõe democraticamente a uma apreciação livre por parte da sociedade. Não se trata de uma doutrinação para a ciência, mas de uma maior capacidade de apreciação da cultura humana.

Um outro argumento, não menos utilizado em favor da necessidade de um maior acesso da população à ciência e a tecnologia, está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico das nações. Nesse caso, o atraso em ciência e tecnologia é considerado uma das fortes razões para a dependência econômica e a pobreza de alguns países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

Na opinião de Dantas (2002), os mecanismos de desenvolvimento socioeconômicos de uma nação são definidos hoje através de parâmetros bem diferentes daqueles de algum tempo atrás. E, dentre estes parâmetros, a questão da ciência e tecnologia assume um lugar fundamental. Nesse particular, a posição de 43º lugar nos estudos da Unesco que mede o Índice de Desenvolvimento Tecnológico – IDT dos países do mundo, não foi das mais animadoras para a comunidade científica brasileira, sobretudo considerando que outros países de menos potencial tecnológico assumiram posições melhores. De acordo com Dantas (Idem, p. 94), a questão está na forma como a ONU estabeleceu os índices. A classificação não foi feita somente em função da excelência tecnológica – o Brasil teria melhor desempenho – mas levando em conta parâmetros que mediam como estas tecnologias são apropriadas em benefício da melhoria da qualidade de vida da maioria do povo. Nesse caso, embora possuindo polos de grande excelência e boa inserção mundial em termos de novas tecnologias, tais como a Embraer, Petrobrás e Embrapa, só para citar três exemplos, o Brasil ainda convive com situações de miséria e desigualdade incompatíveis com seus níveis de desenvolvimento científico e tecnológico.

Um exemplo apresentado como contrário ao brasileiro é o caso do Japão e de outros países asiáticos a quem se atribui à aceleração do desenvolvimento econômico aos investimentos massivos em ciência e tecnologia. Nesse caso, a popularização serviria para despertar novo interesse pela ciência, atraindo um maior contingente de jovens para a carreira científico-tecnológica e libertando a nação da dependência em relação aos países desenvolvidos. O caso da Coréia é um exemplo. Enquanto o Brasil solicitou o registro de 130 patentes no ano 2000, a Coréia do Sul registrou, no mesmo ano, 6000 patentes. Assim, de acordo com Dantas (Idem, p.96), embora ainda haja falhas no modelo coreano, principalmente no que se refere à distribuição dos benefícios tecnológicos à população, não resta dúvidas de que o nível de vida do povo coreano melhorou umas cinco vezes mais que no Brasil.

Esse tipo de argumento fica evidente logo no primeiro item da Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI[61],

> Estes novos conhecimentos, fonte de enriquecimento educativo, cultural e intelectual, geram avanços tecnológicos e benefícios econômicos. A promoção da investigação fundamental e orientada para os problemas é essencial para alcançar um desenvolvimento e um progresso endógenos (UNESCO, 1999, p.9, tradução nossa).

61 Evento promovido pela Organização das Nações Unidas para a Educação e a Cultura (UNESCO) e Conselho Internacional para a Ciência (ICSU) e realizado em Budapeste (Hungria) de 26 de junho a primeiro de julho do ano de 1999.

Para além da inclusão social, a PopC&T também é vista como importante fator de crescimento econômico e desenvolvimento endógeno, isto é, autossuficiente e independente do auxílio tecnológico de outras nações. Nos termos da referida conferência, é necessário reconhecer que a investigação científica, bem como suas aplicações tecnológicas, pode conduzir a importantes e consideráveis repercussões no crescimento econômico e no desenvolvimento humano sustentável. Nesse sentido, o desenvolvimento da humanidade dependerá mais do que nunca da produção e difusão equitativa do saber.

É com base numa visão desenvolvimentista, associada a maior aceleração do conhecimento científico e tecnológico das nações que se fortalece a ideia de PopC&T no sentido de atrair um maior contingente de jovens para as carreiras científico-tecnológicas.

Ao fazer um comentário comparando o desempenho do futebol brasileiro e as pesquisas científicas, Hamburger acredita que o maior sucesso do esporte decorre, entre outros fatores, do grande interesse popular. Enquanto os jogadores são selecionados entre dezenas de milhões de interessados, a pequena produção científica resulta de um reduzido número de jovens que consegue chegar à universidade e optar por ser cientista.

> A educação ainda é insuficiente no país: é muito importante ampliarmos a gama de ação da divulgação científica. Nosso alvo em longo prazo seria que as ciências fossem assuntos tão comuns quanto o carnaval ou o futebol, na rua, nos botequins e nas ocasiões sociais. (HAMBURGER, 2005, p.67).

Embora se trate de um simples comentário, interessa-nos chamar a atenção para um tipo de argumentação em favor da PopC&T como tentativa de aumentar o número de pesquisadores de um país e, por conseguinte, a sua capacidade de produção de conhecimentos, direta ou indiretamente vinculada aos anseios de progresso econômico. Nesse sentido, Adalberto Fazzio, professor do Instituto de Física da USP e atual presidente da Sociedade Brasileira de Física (SBF), afirma que, mesmo com um número reduzido de pesquisadores:

> Não há como negar o grande sucesso da pesquisa em Física no Brasil, responsável por colocar o país em posição privilegiada no ranking científico das nações [...] Mas esse sucesso torna-se modesto quando se avalia o impacto dessa disciplina na economia brasileira... a Física está no alicerce da inovação e do desenvolvimento tecnológico e deve ser utilizada como instrumento de geração de riqueza e de solução de problemas da sociedade (FAZZIO, 2006, p.1).

Ao lembrar que, nos Estados Unidos, um terço do PIB, em 2001, foi proveniente de tecnologias derivadas da física quântica, Fazzio lamenta que, no Brasil, salvo poucas e recentes iniciativas, não há divulgação de ciência visando à educação científica do cidadão. Como se percebe, esse argumento, embora nem sempre tão explícito, é uma das motivações mais fortes para os investimentos em PopC&T.

No caso da Venezuela, que também conta com uma Coordenação de Divulgação e Popularização da Ciência vinculada ao MCT, esse argumento fica explicitamente declarado em várias partes do documento oficial, "Ações de Divulgação e Popularização em Ciência e Tecnologia". Por exemplo, quando reconhece que:

> O trabalho se orienta para aumentar a valorização da ciência e tecnologia como impulsores do desenvolvimento nacional e criar sinergia através de meios e espaços sociais: passar do "modelo divulgativo" ao "modelo de encontro" entre os conhecimentos científicos e tecnológicos e os saberes imaginários do povo para gerar uma cultura da inovação (VENEZUELA, 2004, p. 3, tradução nossa).

Apesar de colocar o desenvolvimento do país em primeiro lugar, uma característica do discurso venezuelano é a clara compreensão de que é necessário ultrapassar os limites da simples divulgação para o que eles chamam de encontro do conhecimento científico com os saberes do imaginário popular no sentido de construir uma cultura da inovação. Como não conhecemos a realidade da Venezuela em termos de PopC&T, limitamo-nos a expor os argumentos encontrados no citado documento oficial.

Para a garantia do financiamento público e privado da ciência

Um argumento muito próximo do apresentado na seção anterior e talvez o mais forte junto aos cientistas brasileiros e de muitos outros países é a PopC&T como possibilidade de garantir o sempre necessário financiamento para os projetos e pesquisas científicas. Se em um regime democrático, em última instância, é o povo, através de seus representantes, quem decide sobre a liberação, ou não, de recursos para a ciência, torna-se necessário esclarecer a comunidade sobre as vantagens das pesquisas e projetos científicos para que os governantes sintam-se forçosamente compelidos a apoiarem tais iniciativas. Um povo basicamente informado sobre assuntos de ciências teria maiores chances de apoiar os grandes empreendimentos científico-tecnológicos.

Na maioria dos países do mundo, o Estado tem um grande peso no financiamento da ciência. No contexto brasileiro, em que as empresas ainda investem muito pouco em pesquisas científicas voltadas para o desenvolvimento científico-tecnológico, a presença estatal no financiamento de projetos e pesquisas científicas é ainda maior. E mesmo se assim não fosse, a própria iniciativa privada trabalha considerando as demandas públicas.

De acordo com Freire Júnior, em entrevista concedida ao autor em novembro de 2006, num estado democrático, os cientistas não podem achar que vão conseguir um financiamento porque está escrito na Constituição, ou porque está escrito nos céus, ou porque está escrito nos designos divinos, ou porque tal governante é favorável à ciência.

Não é bem assim. Em um estado democrático, o financiamento para a ciência só se sustenta se a sociedade estiver convencida da importância de seus projetos. É preciso que a sociedade banque a decisão. Nesse caso, a divulgação e popularização da ciência conduziriam a um maior esclarecimento da população quanto à importância das pesquisas científicas, conquistando o apoio popular e, consequentemente, a liberação dos recursos financeiros pelo poder público e pela iniciativa privada.

Se o financiamento da ciência necessita do apoio da população, é necessário esclarecê-la sobre os benefícios e vantagens da ciência para que, de uma forma democrática, os recursos estatais sejam distribuídos. Para Freire Junior (2006), se rejeitamos as ditaduras, se queremos um regime democrático, se queremos que a ciência seja apoiada dentro de um regime democrático, não existe outra saída, senão convencer o povo de maneira que a opinião pública consiga chegar aos governantes, interferindo, assim, na decisão final. Nos Estados Unidos, essa compreensão é maior que no Brasil e, talvez por esse motivo, a divulgação e o jornalismo científico sejam tão fortes por lá.

De fato, o jornalismo científico, a atividade de jornalista científico e a publicação da chamada *Popular Science*, ciência popularizada ou ciência popular, são atividades que têm o apoio da comunidade científica americana. Mas, por que esse apoio a uma atividade aparentemente irrelevante para os cientistas? Porque eles sabem que necessitam do aval da opinião pública para que o congresso continue apoiando os projetos da ciência e, nessa lógica, torna-se fundamental uma maior popularização da ciência junto à população.

Em muitos casos, os argumentos de inclusão e apelos à cidadania estão imbuídos de interesses pela própria consolidação da ciência junto à sociedade. Não é o povo que necessita da ciência, mas a ciência que precisa do apoio popular para dar continuidade aos seus projetos.

Para uma maior apreciação estética da realidade

Por fim, queremos chamar a atenção para um tipo de argumento que quase não aparece nas discussões atuais em defesa da democratização do acesso ao conhecimento científico e tecnológico. Trata-se dos apelos estéticos que, em outros momentos históricos, já foram usados com maior frequência.

Desse ponto de vista, a popularização da ciência possibilitaria um olhar diferente do mundo. Se a apreciação da beleza está muito mais no homem que nas próprias coisas, o desenvolvimento da faculdade de conhecer propiciará uma visão mais abrangente e de maior profundidade estética.

> Sabemos que dadas às diferenças entre as realidades, as aspirações e as habilidades dos homens e mulheres do planeta, uns poucos vão se tornar cientistas. Mas, mesmo não sendo cientista é possível ao cidadão adquirir a compreensão da ciência, apreciando os encantos do universo e usufruindo os benefícios do conhecimento e da tecnologia (KRIEGER, 2004).

Mais ou menos na mesma direção, Ribeiro (2005) acredita que um conhecimento mínimo dos instrumentos e da lógica de sua distribuição no corpo de uma orquestra sinfônica, certamente possibilitará uma maior capacidade de apreciação e desfrute da beleza de um concerto. O mesmo tipo de argumento serviria para a ciência. Por exemplo, ao olhar o céu com um mínimo de conhecimento sobre estrelas, constelações, planetas e satélites, com certeza se desfrutará de um cenário diferente comparado àquele de um olhar menos qualificado.

Na verdade, conforme escreve Sánchez Mora (2003), existem duas vertentes argumentativas nesta disputa: a da necessidade e a do prazer, ambas unidas pela ideia de que os excluídos do acesso ao conhecimento científico e tecnológico estão em desvantagem em relação aos que os possuem. Porém, na opinião de Albagli (1996), as iniciativas de natureza estética e destinadas a revelar aos não iniciados a beleza e os mistérios do mundo natural estão hoje em desvantagem em relação às motivações de ordem política e econômica.

Apresentamos a seguir um quadro que resume os principais argumentos e justificativas relacionadas à complexa questão da popularização do conhecimento científico e tecnológico e, logo em seguida, algumas considerações críticas que problematizam e revelam as dificuldades e contradições de algumas dessas crenças.

Um quadro resumo das principais justificativas

ARGUMENTOS RELATIVOS	JUSTIFICATIVAS
À potencialidade estética	Um conhecimento mínimo em ciências e tecnologia possibilitaria uma maior capacidade de apreciação e desfrute da beleza da natureza e da cultura.
Ao financiamento da ciência	A PopC&T conduziria a uma maior compreensão pública da ciência, com o apoio da sociedade ao financiamento de projetos científicos e tecnológicos.
Ao desenvolvimento econômico	A popularização da ciência atrairia um maior número de jovens pesquisadores, com a consequente inovação tecnológica que resultará em riqueza para o país.
Ao controle social da ciência	Um conhecimento mínimo em C&T possibilitaria ao povo um maior controle nas decisões de questões polêmicas relacionadas às pesquisas científicas e seus objetos.
Ao combate às pseudociências	Ao aproximar-se do domínio público, a ciência poderia combater outras formas falsas de mitos e charlatanices que ainda persistem, principalmente nos meios populares.
À desmistificação da ciência	A popularização da ciência poderia revelar as suas limitações e precariedades, desmistificando a ideia de um conhecimento perfeito e infalível.
À inclusão social	Considerando a desigualdade social e exclusão de grande parte da população do acesso a um conhecimento mínimo em ciências e tecnologia, as ações de popularização da ciência seriam fundamentais para um processo de inclusão social nesta área.

PopC&T: limitações e possibilidades

Nem todas as proposituras que se aproximam da obviedade são imunes à crítica. Portanto, antes de concluir este capítulo, é importante problematizar alguns dos argumentos apresentados como importantes justificativas para uma necessária e urgente democratização do acesso ao conhecimento científico e tecnológico.

A primeira questão refere-se ao conceito de inclusão e, por conseguinte, ao problema da exclusão social. Nesse caso, é necessária certa cautela para não incorporar a ideia da existência de um povo ávido por incluir-se nos mistérios de um conhecimento científico e tecnológico que lhe é negado. Ao que parece, o processo é mais complexo e não permite escolhas tão democráticas quanto pode aparentar. Na verdade, estamos diante de um modelo de civilização que se impõe e exige que seu estilo seja incorporado por todas as culturas. Em outras palavras, não se trata de desejar incluir-se, mas de necessitar fazê-lo, sob pena de perder-se nos limites da nova cultura. Mas, seriam mesmo necessários conhecimentos científicos e tecnológicos básicos para o cidadão comum poder transitar no interior de uma cultura científico-tenológica? Do ponto de vista de Sánchez Mora (2003), o senso comum serve muito bem na maioria das situações cotidianas e podemos viver satisfatoriamente na nossa sociedade tecnologizada mesmo sem saber quase nada de ciência.

Se isso é mesmo verdade, a questão assume um outro patamar de complexidade, envolvendo a necessidade de popularizar algo que, para a maioria da população, é supérfluo e desnecessário. De fato, isso tem se tornado uma perigosa verdade construída a partir das próprias falas e práticas da ciência que, ao longo de uma história de especificidades e aprofundamentos disciplinares, reservou os seus assuntos aos iniciados e especialistas.

Conforme nos lembra Schwartzman (1997), ao passo que a ciência e a tecnologia foram atingindo altos níveis de complexidade, exigindo grandes somas de recursos,

equipamentos sofisticados, além de muito tempo de estudos especializados, com elaboração de linguagens esotéricas e cada vez mais abstratas, aumentaram proporcionalmente as margens de distanciamento entre os cientistas e os leigos.

Se, há não muito tempo atrás, era comum encontrar, em pequenas cidades do interior, mecânicos que conseguiam abrir e consertar o motor de um automóvel, ou técnicos em eletrônica que montavam e desmontavam rádios e TVs, hoje é muito difícil não ter que recorrer à assistência especializada que trabalha com a reposição de peças, inviabilizando os consertos do ponto de vista econômico. Se técnicos e inventores como Thomas Edison e Santos Dumont já foram referências científicas no passado, Schwartzman observa que os heróis científicos de nosso tempo estão mais próximos de Albert Einstein e Stephen Hawking, admirados como homens quase supranaturais, conhecedores de matemáticas incompreensíveis e estranhas teorias que nenhuma pessoa comum tem a esperança de entender.

Contudo, não se trata apenas de não poder entender o mundo, mas de não necessitar entendê-lo. Em sua versão tecnológica, parceira e aliada do mercado e da sociedade de consumo, a ciência alimentou e proliferou a lei do menor esforço. As novas tecnologias resolvem os problemas e dispensam os homens até mesmo de pensarem. Um exemplo típico é a eliminação do elemento humano nas cobranças dos caixas de supermercado iniciada na década de 1990. De acordo com Hobsbawm (1995), a nova atividade não exige do operador mais que o reconhecimento da moeda local e o registro da quantidade entregue pelo cliente. Um

scanner automático traduz os códigos de barra colados nas mercadorias, soma todos os preços, deduz o total do valor entregue pelo cliente e informa ao operador quanto dar de troco. Embora se trate de uma atividade complexa, não exige dos operadores mais que um conhecimento mínimo dos números cardinais, um pouco de concentração e muita paciência. Interessa muito mais usar, usufruir e descartar produtos e serviços do que conhecer o funcionamento das coisas para poder interferir, adaptar, consertar e melhorar objetos e serviços, ações cada vez menos necessárias e cada vez mais proibidas. De acordo com Shamos:

> O ponto chave da questão está no fato de que a maioria das pessoas pode viver na sociedade virtualmente ignorando a ciência e a técnica, ao mesmo tempo em que desfrutam de todo o seu conforto, de forma que a sociedade se isolou da necessidade de saber ou compreender a origem destes avanços (apud SABBATINE, 2004).

Para que visitar uma exposição de ciências e tecnologia envidando esforços para tentar compreender um mundo em que não se deve interferir; uma realidade que parece bastar-se como mercadoria?

De fato, como alerta Lévy-Leblond (2006), podemos estar próximos de um processo de esgotamento em que a ciência, em sua versão tecnológica de grande eficiência prática, sobreponha-se à sua dimensão intelectual. Com efeito, se pretendemos salvaguardar o esforço humano intelectual e especulativo, teremos que mudar de caminho e alimentar a dimensão utópica de uma nova/velha ciência.

Referindo-se especificamente àquelas atividades desenvolvidas em espaços não formais de educação como Museus e Centros de Ciências, Loureiro (2003) acredita que também ali estamos diante de uma realidade onde as classes dominantes e dominadas buscariam estabelecer valores de consenso e ações voltadas à construção de hegemonia. Portanto,

> [...] os museus de ciência públicos brasileiros, integrando a superestrutura (sociedade civil +sociedade política ou direção cultural ou moral + aparelho de Estado), contribuiriam por meio de suas representações expositivas, para a efetivação da hegemonia (LOUREIRO, 2003 p.10)

Para o referido autor, tais reapresentações expositivas delimitariam o território dos monólogos, dificultando o espaço da dialogicidade e criando obstáculos a uma práxis verdadeiramente transformadora. Ao criar determinismos advindos da ortodoxia científica, as exposições, semelhantes àquelas realizadas através de Museus e Centros de Ciências, buscariam um consenso quanto à concepção do real e à lógica capitalista e burguesa que a preside.

Embora concordemos em parte com o autor, não entendemos o espaço pelo controle hegemônico como um espaço definido unicamente pelo discurso das classes dominantes. Assim como a escola, o espaço da educação não formal também se constitui em ambiente de disputa pela hegemonia, podendo converter-se em ambiente de fecunda discussão e diálogo mediatizado pela realidade. De fato, como nos

adverte Albagli (1996), uma das tarefas mais complicadas a serem realizadas no desenvolvimento de programas de PopC&T é alcançar um equilíbrio entre o entusiasmo pela ciência e a necessidade de se evitar transmitir ao público leigo uma visão exagerada de suas reais possibilidades. Mais uma vez estamos no terreno das possibilidades e os riscos não podem inviabilizar as importantes iniciativas de popularização do conhecimento científico e tecnológico. Tudo vai depender da concepção de ciência que orienta as ações nestes, como em quaisquer outros espaços de intervenção educativa.

No que se refere ao controle social da ciência pela população, um outro argumento que, a primeira vista, revela-se bastante coerente e oportuno, não nos parece ser tão factível do ponto de vista prático. Decerto que a intromissão do povo em questões polêmicas envolvendo ciência e tecnologia, apesar de reconhecidamente necessária, reclamaria um conhecimento mais do que elementar e uma forma de organização da sociedade que garantisse mecanismos de participação e controle, o que ainda está muito aquém de nossas reais possibilidades. Conforme lamenta Candotti,

> ... as grandes discussões ainda não alcançaram o grande público. Estamos sem instrumentos de massa para enfrentar os desafios que a ciência coloca na mesa para decisões. A fabricação da bomba atômica de hoje será novamente decidida pelos generais e não pela sociedade. Não será ela que vai controlar a clonagem, as manipulações genéticas ou os novos fármacos (2005, p.47).

Por outro lado, reclama Sabbatini (2004), “as controvérsias científico-tecnológicas possuem fortes ingredientes emocionais que levam à distorção de juízos independente do grau de alfabetização científica do indivíduo”.

Um exemplo relevante é a controvérsia em torno das pesquisas envolvendo células-tronco embrionárias que, embora não possa ser tratada como simples conflito entre progresso científico e preconceitos religiosos reacionários, também não pode ser reduzida a argumentos puramente científicos. O debate gira em torno da divergência em relação ao que se constitui um ser humano vivo. Mais especificamente, se embriões recém-formados e constituídos por um número pequeno de células já podem ser considerados um ser humano vivo, ou se, apenas a partir de certo patamar de desenvolvimento, este conceito seria aplicável de fato. Na opinião de Lacey (2007a), essas divergências têm importância ética e não devem ser minimizadas sob a falsa alegação de que se reduzem apenas a sentimentos religiosos tradicionais que se interpõem ao desenvolvimento das pesquisas, nesta, como em outras áreas do conhecimento.

Se, pelo menos em tese, os seres humanos vivos têm direitos, o primeiro e mais importante deles é, sem dúvida, o direito à vida. Nesse caso, a questão é mesmo a de estabelecer uma linha divisória que possa definir, com certa clareza, quando um novo ser humano vivo é constituído. Para os defensores do direito ao aborto e das pesquisas com células-tronco embrionárias, até que um embrião alcance uma determinada etapa de seu desenvolvimento, ele não pode ser considerado um ser humano vivo, tratando-se apenas de um conjunto complexo de células e moléculas ligadas aos tecidos de sua mãe. Do ponto de vista de Lacey

(2007a), este não é um resultado comprovado cientificamente. Sendo empíricas, as pesquisas científicas podem dizer muito sobre um embrião nas diversas etapas de seu desenvolvimento, mas não podem garantir que uma determinada etapa específica marque o início da vida humana e não um novo momento no processo de maturação. "A ciência nos revela que o genoma distinto de um ser humano maduro está presente assim que foi formado o embrião, mas não que o genoma é suficiente para que esse ser se constitua um ser humano vivo. Um ser humano vivo tem direitos, e "direitos" não fazem parte da linguagem da teoria científica. A ciência não pode decidir sobre questões-chave de importância ética" (LACEY, 2007a).

Aqueles que exigem restrições éticas às pesquisas com células-tronco embrionárias questionam o *Princípio do pressuposto da legitimidade imediata das inovações técnico-científicas*[62] (PLP) e sugerem como alternativa o *princípio da precaução* (PP). Conforme este último, "É obrigatório praticar a precaução a respeito de novas aplicações tecno-científicas, *em decorrência de seus riscos potenciais,* e permitir – previamente à implementação das aplicações – um prazo razoável para que sejam realizados e avaliados estudos ecológicos, sociais e outros ainda que se mostrem relevantes" (LACEY, p.2, 2007b).

Os adiamentos propostos pelo princípio de precaução são bastante criticados pelas instituições científicas

62 *Prima facie,* a implementação de uma inovação tecno-científica é legítima, se ela for uma aplicação de resultados científicos corretamente aceitos de acordo com a objetividade; ou, normalmente, a menos que exista evidência científica forte de que há sérios riscos, é legítimo implementar – *sem atraso* – aplicações eficazes do conhecimento científico objetivamente comprovado (LACEY, 2007b).

predominantes, sobretudo porque ferem alguns princípios sagrados da prática científica vigente: a autonomia, a objetividade e a neutralidade. Embora o estabelecimento de limites éticos, de fato, coloque em dúvida alguns princípios caros à ciência moderna, a resistência ao princípio de precaução está relacionada a outros fatores alheios a este debate. E como o próprio Lacey (2007b) reconhece, em um contexto onde as relações de produção do conhecimento científico mudaram radicalmente, de uma prática predominantemente pública, para uma prática de interesse e controle privados e comerciais, é natural que a maior parte da pesquisa seja mesmo desenvolvida à luz do princípio da legitimidade técnico-científica e em detrimento do princípio da precaução.

Outro exemplo emblemático que ilustra muito bem este fato foi a invasão do horto florestal e dos laboratórios de pesquisa da empresa Aracruz Celulose[63] por parte do MST e da Via Campesina em 2006. Conforme matéria veiculada na Gazeta do Povo (2006), exatamente no dia 08 de março (Dia Internacional da Mulher), quase mil e duzentos integrantes do MST e da Via Campesina (na maioria mulheres), rasgaram as estufas e com as próprias mãos arrancaram as mudas dos viveiros, além de invadirem o laboratório, destruírem equipamentos e misturarem sementes selecionadas de eucalipto. Para o geneticista Dario Grattaglia, pesquisador ligado à Embrapa e coordenador do projeto, tratou-se de um ato de vandalismo, apoiado em justificativas absolutamente ignorantes. Na opinião de Aurélio

63 A Aracruz é uma das 14 empresas que participam da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma do Eucalyptuus (Genolyptus), criada em 2002 e coordenada pela Embrapa.

Mendes de Aguiar, da Aracruz, o ato da Via Campesina foi como “um tiro no pé” do próprio movimento agrário, visto que o principal objetivo do projeto era, justamente, o aumento da produtividade do eucalipto sem a necessidade de maior expansão das áreas plantadas. Quanto mais produtiva for cada árvore, prossegue Aurélio, menor será o impacto sobre o meio ambiente.

Na versão do MST (2006), o país não pode ficar refém das florestas homogêneas como a de eucalipto nem de monoculturas que destroem o meio ambiente. Portanto, a ação das mulheres camponesas teria sido muito importante, sobretudo para chamar a atenção da sociedade para a necessidade de um debate amplo sobre o sistema produtivo e os produtos geneticamente modificados. Para os líderes do movimento, que conta com o apoio de vários grupos ambientalistas, a monocultura do eucalipto, como qualquer outra monocultura, é extremamente nociva ao meio ambiente, causando uma drástica redução da biodiversidade, ressecamento do solo, erosão e desertificação do clima, além de transformar a paisagem e a identidade cultural da região.

Como fica evidente, ainda não existem, no Brasil, espaços democráticos apropriados à realização deste debate e, concordamos com Santos (2007) que as democracias representativas estão em crise, não havendo mais uma referência dos representantes em seus representados. Um exemplo disso foi o recente episódio da liberação do plantio de milho transgênico no Brasil. Embora se tratando de um tema polêmico e de maior relevância para o povo brasileiro, passou despercebido e sem o necessário juízo da grande maioria da população.

Apesar das muitas recomendações em torno dos riscos que envolvem a cultura do milho transgênico, na terça feira, dia 12 de fevereiro de 2008, a maioria dos ministros que compõem o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBs), autorizou o plantio e a comercialização de variedades geneticamente modificadas da Monsanto e Bayer. Desconsiderando uma farta documentação com claras evidências contra os milhos transgênicos produzidos por estas empresas e, sem levar em consideração a opinião da população, sete dos 11 ministros que formam o CNBs (Agricultura, Ciência e Tecnologia, Relações Exteriores, Desenvolvimento, Defesa, Justiça e Casa Civil) votaram a favor da liberação, e quatro votaram contra (Saúde, Meio Ambiente, Desenvolvimento Agrário, Aquicultura e Pesca).

O desacordo entre ministros e cientistas evidencia que a matéria não é trivial, exigindo um maior interesse e apreciação pública por parte da comunidade. No entanto, como vimos questionando, esta influência da opinião pública em matérias científicas controversas e polêmicas, além de uma crescente PopC&T, envolve uma nova consolidação democrática, pois, como se percebe, as questões de ciência e tecnologia não estão confinadas a uma neutralidade das pesquisas, mas envolvem outros interesses que acabam encontrando no discurso da ciência o apoio de um aliado ou as agressões de um perigoso inimigo.

É claro que o problema transcende os limites da quantidade de informações disponíveis que, embora necessárias, não são suficientes. A questão ultrapassa em muito os limites da ciência e abarca muitas outras disputas que envolvem todo o conjunto da sociedade e o estabelecimento de novos mecanismos de participação democrática. Talvez os cidadãos

até se interessassem em compreender algo sobre manipulação genética ou energia nuclear, mas esse conhecimento, por si só, não lhes garante acesso direto ao poder de decisão sobre os rumos das pesquisas nessas áreas, cabendo sempre aos especialistas a palavra final. Compartilhar o conhecimento é apenas um passo na direção de algo maior e mais complexo: a partilha do poder.

No entanto, as dificuldades de realização objetiva deste debate não invalidam a qualidade do argumento. Em todo caso, interessa-nos chamar a atenção do leitor para as limitações desta, como de quaisquer outras falas, neste universo que nos parece por demais complexo e "pantanoso".

As justificativas relativas a uma maior possibilidade de apreciação estética mediante um maior conhecimento científico e tecnológico, também, devem ser minimizadas e analisadas com certa reserva. Principalmente, considerando que a ciência produz um desencantamento do mundo e ao explicar a realidade a partir de categorias universais, subtrai muito de seu deslumbramento mais próximo de um olhar inocente e de senso comum. Por outro lado, não se deve esquecer o caráter relativo das apreciações estéticas.

De um ponto de vista pragmático, o argumento mais exequível, em curto prazo, é, sem dúvida, aquele relacionado aos próprios interesses da ciência. Nesse caso, a popularização do conhecimento científico e tecnológico estaria orientada para atrair novo interesse da sociedade pela ciência, despertando novas vocações científicas, maior contingente de pesquisadores, maior quantidade de pesquisas e aplicações tecnológicas com geração de divisas para o país e novas remessas de verbas destinadas à ciência e tecnologia.

De acordo com Albagli (1996), a perda de prestígio da ciência, verificada principalmente após os anos sessenta, culminou por ser interpretada por uma parcela significativa da comunidade científica como uma consequência da falta de compreensão social daquela atividade, o que levou a uma ofensiva no sentido de uma maior familiarização das atividades científicas. Uma maior PopC&T, certamente, conduziria a uma maior compreensão e apoio da população aos projetos e interesses da comunidade científica.

Um exemplo mais recente que ilustra muito bem este fato, aconteceu na década de 1990, quando uma parte dos físicos americanos sofreu uma importante derrota no que se referia ao financiamento da ciência: a interrupção do projeto que envolvia a construção de um dos maiores aceleradores de partículas do mundo, o *Large Collison*.

Com o fim da guerra fria e a dissolução da União Soviética, um novo acelerador de partículas parecia desnecessário aos olhos do Congresso americano que preferiu desativar o apoio ao projeto. E, mesmo depois de um intenso debate na sociedade, em que físicos e jornalistas científicos importantes escreveram a favor ou contra, o Congresso americano tomou a decisão final de não prosseguir com o projeto. Para alguns cientistas, esse tipo de derrota estaria relacionado à falta de compreensão popular da ciência.

Esta é uma perspectiva claramente corporativa e que busca apenas uma maior legitimidade e apoio tanto para a comunidade científica como para a ciência. Mas por esta perspectiva, a PopC&T certamente não será ampla, ficando limitada a uma simples propaganda da ciência, a exemplo

das doses homeopáticas prescritas por Smith. Uma prova inconteste desse fato é o paradoxo das patentes e o direito de propriedade intelectual (DPI).

Certamente que, dentro da lógica de uma ciência que se reduz aos critérios de mercado, o patenteamento das invenções e o controle da criatividade serão largamente propalados como critérios de desenvolvimento científico e crescimento econômico das nações. Mas na obra "Biopiratária, a pilhagem da natureza e do conhecimento" Vandana Shiva (2001) chama a nossa atenção para os riscos e prejuízos envolvidos nestes processos. Conforme a autora indiana, o reducionismo da ciência moderna, ao assumir a mercantilização do conhecimento como critério único de validade científica, despreza muitos outros saberes não-reducionistas e ecológicos que vão sendo marginalizados e esquecidos. Por exemplo, ao redefinir seres vivos e biodiversidade como fenômenos "criados pelo homem" o paradigma da engenharia genética está aniquilando os últimos remanescentes do paradigma ecológico (SHIVA, 2001, p.47). É justamente nestes particulares que melhor se revelam os argumentos de nossa tese. Não é qualquer ciência que pode pretender-se popular, como não vai ser qualquer projeto científico que vai querer abrir mão do controle de seus segredos e da proteção de suas patentes, libertando a criatividade do jugo imperativo do mercado. É necessário construir uma nova ciência que se pretenda popular e o movimento de PopC&T que defendemos aqui pretende assumir essas características.

Outro argumento importante e de grandes possibilidades práticas é aquele que chama a atenção para o fato

de que a PopC&T pode ser importante para revelar as limitações dessa forma de conhecimento, tornando públicas as suas possibilidades e riscos. Considerado o tipo de poder que o discurso da ciência e tecnologia exerce hoje no mundo, esta é uma das mais importantes justificativas para a socialização deste conhecimento. Popularizar o que desconhecemos e as limitações do que afirmamos conhecer é tão ou mais importante do que difundir os conteúdos da própria ciência.

Nesta perspectiva, Wynne assume uma postura radical e defende a ideia de que é mais importante informar a sociedade sobre os mecanismos institucionais relacionados ao controle, ao financiamento e à organização da ciência do que ensinar os seus conteúdos em si (apud ALBAGLI, 1996). Como todas essas questões estão imbricadas, o ideal seria atacar em todas as vertentes. Mas o processo não é tão simples quanto possa parecer.

O entrelaçamento entre ciência, desenvolvimento econômico e mercado, impõe barreiras a quaisquer informações que revelem os limites das conquistas anunciadas pelas inovações científico-tecnológicas. É sempre mais lucrativo e econômico omitir os riscos e efeitos colaterais. Um exemplo bem próximo é o mistério que circunda as bulas dos remédios com suas letras quase invisíveis e uma linguagem técnica que, propositadamente, esconde os possíveis efeitos negativos da medicação. Além disso, sob o domínio das patentes, também não é de interesse a popularização do conhecimento envolvido, isto é, dos compostos e métodos utilizados nos processos de fabricação.

Um outro exemplo típico da omissão de detalhes envolvidos nas pesquisas científicas é o caso da "criação" da ovelha Tracy.

> "... uma invenção biotecnológica" dos cientistas da Pharmaceutical Protein Ltd. (PPL), Tracy é chamada de "biorreator de células de mamífero", porque pela introdução de genes humanos, suas glândulas mamárias foram induzidas a produzir uma proteína, a alfa-1-antitripsina, para a indústria farmacêutica. Como afirma Ron James, diretor da PPL: "A glândula mamária é uma excelente fábrica. Nossas ovelhas são pequenas fábricas lanudas perambulando nos pastos e fazem um ótimo trabalho" (SHIVA, 2001, p. 42).

Esta é uma forma antiga de dispor da natureza como objeto e atinge agora as próprias entranhas dos seres vivos sem revelar os riscos e estragos que ficam pelo caminho. No caso da ovelha Tracy, não foi dito que, dos 550 óvulos inoculados com DNA híbrido, 499 sobreviveram, mas quando transplantados para as mães portadoras, apenas 112 cordeiros nasceram. Dos que nasceram, apenas cinco continham genes humanos incorporados em seu DNA e desses cinco, apenas três apresentavam alfa-1-antitripsina no leite. Entre os três, dois produziam apenas três gramas da proteína por litro. No entanto, Tracy, que produzia trinta gramas por litro foi o único animal entre os 112 biomodificados a se tornar conhecido e ovacionado (SHIVA, 2001, p.43). Os outros 111 animais modificados são simplesmente desconsiderados e as possíveis consequências de tais intervenções nos processos naturais são esquecidas ou adiadas.

Embora não seja simples, o argumento é válido e muito importante. A permanente luta e vigilância de cientistas e ambientalistas no sentido de popularizar as limitações das conquistas apresentadas por um tipo de ciência reducionista e mercantilizada tem sido de grande valia para todo o conjunto da sociedade humana, como para a sobrevivência do planeta.

Um outro traço relevante ainda nesta perspectiva é a desmistificação da imagem do cientista. Em geral, quando se fala em PopC&T parte-se de um princípio que absolutiza a ignorância, dispondo, de um lado, o público popular, considerado leigo e ignorante, e do outro, os cientistas, que são os protagonistas do conhecimento. Como nos lembra Lévy-Leblond (2006), esta é uma representação equivocada da realidade, própria da divisão que se fazia no século XIX, entre os cientistas detentores de um conhecimento geral e universal, e o público leigo e ignorante a quem era necessário transmitir o conhecimento. No contexto atual, o domínio de conhecimentos gerais é completamente impossível, e mesmo em áreas restritas, é difícil abarcar a quantidade e velocidade dos novos conhecimentos. Desse ponto de vista, os cientistas não são diferentes do povo, exceto em suas especialidades básicas; e mesmo nestas, cada vez mais ignoram as novas especificidades que vão sendo desenvolvidas. Em um sentido mais profundo, os cientistas ignoram muito da ciência que seus colegas praticam. Snow (1995) já havia chamado a atenção para este fato quando percebeu o estranhamento entre as chamadas ciências naturais e as ciências humanas. Infelizmente o isolamento e a dificuldade de comunicação e diálogo

tornaram-se marcantes e crescentes entre os próprios cientistas. Nesse caso, como escreve Lévy-Leblond (2006), haverá necessidade de incluir a própria comunidade científica no processo de comunicação pública da ciência.

Para nós, a popularização envolve muito mais que uma simples proliferação de falas da ciência nos meios populares. Defendemos a tese que, no esforço por construir uma hermenêutica que lhe permita aproximar-se dos saberes populares e de senso comum, a ciência deverá reencontrar um novo caminho de comunicação consigo mesma e com o humano, reencontrando, assim, um novo sentido ético que se caracteriza muito bem naquilo que Santos (2004b) define como um *Conhecimento Prudente*.

Se, em uma primeira ruptura, o homem descolou-se da natureza para inaugurar a cultura, e a batalha exigiu um maior domínio e controle dos mistérios da natureza, tarefa realizada com enorme sucesso pela ciência moderna, através de uma maior radicalização da ruptura com o senso comum, agora é necessário reconhecer que depois de libertar-se dos perigos de uma natureza hostil, o homem encontra-se novamente aprisionado pelos grilhões de sua própria cultura. Cumpre, pois, realizar uma outra ruptura, desta feita, com a cultura da mercadoria, do consumo e da ciência moderna. Uma negação que deve resultar em uma nova síntese pautada no respeito e no cuidado com o ecossistema do qual, finalmente, o homem percebe-se como parte. Não se trata mais de dominar a natureza, mas de aliar-se a ela para dominar uma ciência que, através de leis e princípios universais, vem desumanizando e naturalizando a cultura.

Se, como escreve Ilya Prigogine, a ciência tornou-se "... um corpo estranho no interior da cultura, um corpo cujo crescimento canceroso ameaça destruir o conjunto da vida cultural; a questão, de vida ou de morte, é de dominar a ciência, de lhe dominar o desenvolvimento, ou de se deixar subjugar, aniquilar por ela" (PRIGOGINE & STENGERS, 1997, p.22).

No entanto, se a questão é, de fato, o controle da ciência, este só pode ser conquistado através do próprio conhecimento de seu discurso e de suas práticas e, como nos lembra Santos (2003, p. 27), "o discurso científico é hoje, em face do cidadão comum, um discurso anormal no seu todo e..., só será socialmente compreensível se, perante ele, adotarmos uma atitude hermenêutica". É na interface desta hermenêutica que situamos a nossa tese.

Sem dúvida, uma das maiores questões, se não a maior questão do século XXI, é como humanizar a ciência, como submeter os avanços técnico-científicos a valores éticos, como dar um novo sentido ao processo civilizatório, contrapondo os grandes êxitos técnico-científicos com os riscos que se colocam para humanidade. Desse ponto de vista, popularizar a ciência é tentar trazê-la para perto do povo e, consequentemente para junto da vida, da beleza e da arte. É trazê-la de volta para o seio de uma cultura muito mais rica e diversa perante a qual ela deve curvar-se em sinal de reverência.

Assim, quando sugerimos a possibilidade de diálogo entre os saberes populares e o conhecimento científico, não estamos apenas elucubrando um sonho impensável e impossível. Pelo contrário, trilhamos os caminhos de uma

nova ciência que começa a vincular conhecimento local e conhecimento global e reconhecer a afetação intransponível entre observador e observável, em um conhecimento que se encanta e se encontra no que encontra; que se emociona e se vê no que vê. Em face disso, torna-se inevitável reconhecer que o diálogo entre o conhecimento científico e os saberes de senso comum tanto é possível, como viável e imprescindível. Não obstante, os esforços para uma efetiva PopC&T demandam, além de uma nova postura diante do senso comum, a gênese de uma nova ciência muito mais envolvida e comprometida com os interesses populares. Obviamente esta não será uma tarefa das mais simples e, certamente, exigirá grandes esforços criativos alimentados em visões utópicas de realidades presentes no intervalo aberto de suas ausências.

Se o domínio global da ciência moderna trouxe consigo enormes benefícios em termos de inovações e vantagens tecnológicas, trouxe ainda a desvalorização e destruição de muitas outras formas de saberes próprias dos povos sujeitos à colonização ocidental. Daí a grande dificuldade da construção de conhecimentos multiculturais que melhor se traduz nas perguntas de Santos: como realizar um diálogo multicultural quando algumas culturas e indivíduos foram reduzidos ao silêncio e as suas formas de ver e dizer o mundo se tornaram impronunciáveis? Como fazer falar o silêncio sem que ele fale necessariamente a linguagem hegemônica de quem lhe pretende fazer falar (2004b p.30)? Ou, no dizer de Freire, como desenvolver ações comunicativas sem reduzi-las aos limites de meros comunicados?

Além de dar visibilidade e fazer falar culturas silenciadas, o caminho multicultural enfrenta o desafio da diferença. De acordo com Santos (2004b), o encontro permanente com o diferente, na "zona de contato" entre culturas diversas, exige uma *teoria da tradução* como parte integrante da nova teoria crítica. É através da tradução e do que ele designa por *hermenêutica diatópica*[64] que as necessidades, aspirações e as práticas de uma determinada cultura podem vir a tornarem-se compreensíveis e inteligíveis para a outra.

Do nosso ponto de vista, a tese de Santos não está circunscrita apenas ao universo de contanto entre culturas exóticas e povos distantes, mas aos estranhamentos presentes no interior de uma mesma cultura. Se, a cultura científica e acadêmica afasta-se da cultura popular para, em um segundo momento, reaproximar-se dela, defendemos a tese que, a *hermenêutica diatópica* sugerida por Santos também se aplica a estes casos. Mas esse é um problema que diz respeito aos modos de intervenção que, para além da crença de que os fins justificam os meios, devem assumir, desde as bases, pressupostos democráticos e dialógicos.

De fato, considerada a enorme necessidade de atuação nesse campo, geralmente fica-se bastante satisfeito quando se consegue algum resultado satisfatório com a reconhecida socialização de alguns conhecimentos e uma relativa resposta popular aos projetos, desconsiderando os prejuízos produzidos pelas estratégias que foram usadas ao longo do caminho.

64 Que permite o contato entre lugares diferentes

Neste particular, Huergo (2001) sinaliza para o termo *estratégia* que, por si só, já possui um sentido negativo. Originalmente relacionado com o mundo da guerra, indica, em princípio, a combinação de ações e encontros "isolados" com o inimigo para alcançar os objetivos do conflito: derrotar as forças adversárias, conquistando o seu território e a sua vontade. Essa visão acaba se prolongando, em maior ou menor grau, em todas as intervenções para o outro ou sobre o outro. E, como Freire já havia alertado, planejar estratégias para ou sobre o outro, termina significando fazê-lo contra ele.

Nesse sentido, as estratégias são antidialógicas e se revelam como imposições de frentes culturais estranhas que vão se introduzindo sutil e persuasivamente nas entranhas culturais do cotidiano das classes populares. O próprio "diálogo" pode ser uma estratégia de conquista e Sócrates sabia utilizá-lo, com maestria, para encurralar o pensamento dos sofistas e derrotar seus argumentos na praça do mercado em Atenas. Uma relação dialógica não significa imediatamente uma relação de igualdade. Nesse particular, Kulesza (1998, p.42) nos questiona sobre a simplicidade de trabalhar no sentido de refinar o conhecimento popular através da crítica da experiência imediata do *senso comum*, perfazendo a ruptura epistemológica que, conforme Bacherlard, tornou possível a ciência moderna. A dificuldade aparece quando começamos a pensar no caminho inverso, na intromissão do *senso comum* ou – usando a terminologia gramsciana – do bom senso, no discurso da ciência.

Geralmente admite-se, como lembra Kulesza (Idem, p.37), que com não poucas restrições, o conhecimento produzido pelos cientistas possa ser difundido, vulgarizado e

até divulgado, mas sempre no sentido da academia para as classes populares. Se os critérios de validação do conhecimento estão ligados à comunidade científica com seus laboratórios, congressos, publicações e rigorosos critérios de avaliação e seleção, como os argumentos ou questionamentos oriundos das classes populares e dos não cientistas encontrarão eco nos corredores desse mundo estranho em que nem mesmo os próprios pares conseguem ser ouvidos?

Um exemplo que confirma nossa preocupação são os serviços prestados pelos guias e mateiros. É indiscutível que sem eles boa parte das pesquisas desenvolvidas, nas florestas, careceria de insumos e continuidade. “Dificilmente o pesquisador reencontraria as suas amostras ou mesmo o caminho de casa, sem a ajuda desses profissionais das matas” (CANDOTTI, 1992, p.3). No entanto, seus nomes quase nunca são citados e raramente recebem algum crédito nas publicações dos trabalhos científicos que o seu saber ajudou a produzir.

A esse respeito, Freire (1999, p.135) nos lembra que:

> Discutir, por exemplo, com camponeses que as universidades estão comprovando alguns de seus saberes é tarefa política de alta importância pedagógica. Discussões, assim, podem ajudar as classes populares a ganhar confiança em si ou aumentar o grau de confiança em que já se achem. Confiança em si mesmas tão indispensável a sua luta por um mundo melhor...

No entanto, conforme sugere a professora Costa (1998, p.57), o conhecimento que é produzido socialmente, não o é, democraticamente. Há vozes que são mais fortes para se fazerem ouvir, há discursos que são mais poderosos para estabelecerem os seus critérios como "verdadeiros" e o mais poderoso deles todos é, atualmente, o discurso da ciência que, apoiado na validação concreta dos aparatos tecnológicos, parece possuir a verdade absoluta.

O que fazer, então? Como dialogar com o outro a partir de "nossa torre de marfim"?

Realmente a questão não é tão simples como poderia parecer à primeira vista. De um lado, estamos nós, os intelectuais, apoiados no poderoso conhecimento científico, querendo estabelecer um diálogo com o povo oprimido a respeito desse conhecimento. Do outro lado, o povo que tem estratégias próprias e respostas para as várias demandas do cotidiano e na maioria das vezes, consegue sobreviver tranquilamente sem a nossa ciência. Como então, poderemos atuar no universo da cultura dos grupos populares e trabalhar com eles e ao seu favor sem cair naquilo que Freire chamava de invasão cultural?

Uma alternativa interessante, se não fosse romântica e improvável, seria o espontaneísmo, isto é, não fazer nada, permitindo que os setores populares pudessem estabelecer as suas próprias ações comunicativas e o diálogo entre os seus pares sem a nossa incômoda interferência. Nesse caso, a melhor coisa a fazer seria não atrapalhar o povo, permitindo que equacionasse seus próprios problemas e também as melhores soluções. Embora atraente, esta é uma visão claramente limitada da questão. Primeiro, porque

não existem setores isolados na sociedade e, por mais afastados que pareçamos estar, todos de alguma forma, afetamo-nos. Mesmo os mais excluídos ainda estão incluídos no processo de exclusão. Nesse sentido, não existem culturas puramente populares e a crítica feita pela Escola de Frankfurt trazendo à tona o problema da "indústria cultural", não deixa nenhuma dúvida a esse respeito.

Paulo Freire já afirmava que os oprimidos introjetam a sombra do opressor e em muitas situações desejam tornar-se semelhantes a ele. Cumpre, portanto, abandonar a visão romântica de pureza das classes populares e, ao mesmo tempo, evitar as intervenções de vanguarda apoiadas na crença de uma ciência messiânica que conduziria necessariamente à libertação dos oprimidos[65].

Menos arrogante e com algum otimismo, é possível que, apoiados em requisitos existenciais de uma comunicação dialógica, seja possível trabalhar com o povo questões de ciência, sem necessariamente ficar contra ele, estabelecendo um diálogo em torno de questões simples de seu quotidiano, até avançar para uma compreensão metódica e mais elaborada da realidade. Nesse percurso, "O saber mais apurado da liderança se refaz no conhecimento empírico que o povo tem, enquanto o deste ganha mais sentido no daquela" (FREIRE, 1981, p.215). Sem negar as diferenças entre as duas formas de conhecimento, a científica e a

65 Essa foi a ingenuidade básica dos cientistas do terceiro mundo que, a partir dos anos 60, acreditaram que uma simples disseminação do conhecimento científico pela sociedade levaria a emancipação dos oprimidos. Não por acaso, a obra mais difundida nessa direção no Brasil, de autoria do eminente físico brasileiro José Leite Lopes (1978), chamava-se exatamente *Ciência e Libertação* (KULESZA, 1998, p.42).

do senso comum, é só a partir de uma síntese cultural que se resolve esta contradição, permitindo o enriquecimento de ambas as partes.

Decerto, o diálogo verdadeiro não pode ser construído em via de mão única e, embora se constitua um desafio maior, é imprescindível resgatar muitas experiências e conhecimentos de *senso comum*, dando visibilidade a uma infinidade de saberes que, por simples preconceito, não encontra lugar nos museus de ciências, nas escolas, nem muito menos na academia. Este é o desafio prático e teórico que pretendemos enfrentar ao longo desta jornada e, quem sabe, para o resto de nossa vida acadêmica.

A ciência e a tecnologia, como qualquer outra produção cultural, são patrimônio da humanidade. Seus prejuízos sempre serão divididos igualmente com todos, mas os benefícios estão restritos a alguns.

O conhecimento científico é a forma mais eficaz de poder que conseguimos inventar. Não é justo, nem seguro que fique aos cuidados de algumas poucas nações ou indivíduos. Nesse caso, o debate em torno da PopC&T não deve permanecer confinado aos limites da própria comunidade científica, mas, consideradas as questões de cidadania, todas as forças e instituições da sociedade, desde os sindicatos até os partidos políticos, deveriam alimentar o interesse por esta questão. Portanto, parafraseando Marx & Engels, poderíamos sugerir: "Oprimidos e educadores populares de todos os países, uni-vos".

Capítulo V

Palavras derradeiras

"Quando o homem tiver acabado,então estará no começo; e quando cessar a pesquisa, ficará perplexo"
(Eclesiástico, XVIII, 6).

Poderíamos afirmar que, de fato, o nosso esforço teórico nos remeteu a um caminho paradoxal. Mas, se, como sugere Zuben (2004), o paradoxo for mesmo à paixão do pensamento, a ciência também será feita de pensamentos apaixonados.

Os paradoxos são os seguintes. Ao mesmo tempo em que carecemos de uma cultura mais científica, também precisamos fortalecer o multiculturalismo e o respeito pela diversidade de outros saberes, sobretudo, os saberes de senso comum. À medida que afirmamos a necessária PopC&T também apontamos sérias críticas à ciência moderna em seu formato universal e mercantilista. O desafio é, portanto, humanizar a ciência e a tecnologia, para não sermos dominados e desumanizados por elas. Popularizar o conhecimento científico e tecnológico para nos apoderarmos dele e não para nos submetermos a ele como vítimas indefesas de uma ciência que desconhecemos.

Não é nova a preocupação do homem com a sua ciência e o seu conhecimento. Já no livro do Gênesis, os antigos

hebreus quando se referiam à criação do mundo, falavam de um homem e uma mulher que habitavam felizes um maravilhoso jardim. Curiosamente, a mais bonita e frondosa das árvores, aquela que ocupava o centro do paradisíaco pomar, era *a árvore do conhecimento*. Mas, também havia uma estranha proibição. De todas as árvores do paraíso o homem e a mulher poderiam experimentar, exceto aquela que lhes abriria os olhos para o *conhecimento* do bem e do mal. Colados à natureza, homem e mulher viviam em harmonia com ela e, portanto, ainda não eram humanos. Ao desobedecerem a uma ordem, experimentando do fruto da árvore do conhecimento, procedeu-se o descolamento com a natureza e se lhes abriram os olhos para o bem e o mal, inaugurando-se o que hoje chamamos de cultura. De fato, como reconhece Fromm (1984), tanto no mito grego de Prometeu como no mito hebraico da Queda, a cultura humana inicia a partir de um ato de desobediência. Desobediência que nos remete para o caminho da liberdade e, como consequência, para os atributos da responsabilidade e do risco. E o primeiro deles é aquele que o próprio mito coloca: a possibilidade para o bem e o mal. A possibilidade para dispor da natureza como objeto, como serva e escrava obediente, ou para reconhecê-la como companheira, mãe e irmã de um estranho desobediente que preferiu trilhar o caminho do conhecimento e da liberdade.

Esta imagem pretende reafirmar o nosso parentesco e vínculo com o conhecimento. Não podemos abrir mão de nosso maior privilégio e de nosso grande castigo. O caminho do conhecimento é, sem dúvida, a característica principal do homem, e justo por isso, não podemos creditar à ciência moderna o status de via única de acesso a este

conhecimento. Não podemos transferir para os cientistas o privilégio de possuidores únicos da capacidade criativa e o atributo de produtores privilegiados do conhecimento. Não é seguro permanecer confinados a um modelo exclusivo de racionalidade que, além de atribuir à ciência o status de único pensamento rigorosamente racional, desacredita todas as outras formas e expressões de saberes como subjetivas e infantis. É a este princípio autoritário, de razão unidimensional, que devemos contrapor uma nova desobediência, permitindo-nos uma reaproximação da árvore do conhecimento, para reencontrar as vias de possibilidade de um novo paradigma científico, aberto ao diálogo com outras formas de saberes e práticas que, orientando-se por critérios diferentes de rigor e encontrando credibilidade e sentido em outros contextos sociais, não podem ser desconsiderados e reduzidos a um princípio único e de razão universal.

Não se trata de construir uma imagem que pretende diabolizar ou sacralizar a ciência e a tecnologia, mas de compreendê-las como uma construção humana que, como qualquer outra, carrega consigo os mesmos vícios e virtudes daqueles que a criaram. E já que resolvemos lançar mão de um mito para falar das origens do conhecimento, talvez um outro mito possa nos oferecer uma imagem mais aproximada da ciência. Para Collins (2003), a ciência se assemelha a um Golem[66]. Uma criatura da mitologia judaica que, feito de argila e água, depois de certos encantamentos, assume as forma de um humanóide.

66 GOLEM é uma palavra que aparece na Bíblia uma só vez no Salmo 139:16, significando "sem forma". Buber explica que *Golem* é um pedaço de argila animado e sem alma. Poderíamos traduzi-lo por autômato (ZUBEN, 2004).

Pesquisando, encontramos uma versão antiga da lenda do *Golem* disponibilizada nas notas apresentadas no final da obra "*Eu e Tu*" de Martin Buber (2004). A lenda é a seguinte:

> Os judeus poloneses fabricam, depois de certas orações e dias de jejum, a forma de um homem em argila. Se eles pronunciam sobre ele o "*Scheruhamphoras*" miraculoso (o nome de Deus) este homem deve tornar-se vivo. Embora não possa falar, ele pode, no entanto, compreender suficientemente o que se lhe diz ou ordena. Eles o denominavam '*Golem*' e o utilizavam como empregado para executar trabalhos domésticos. Ele não deve jamais sair de casa. Em sua fronte está escrito *emeth* (verdade). Ele cresce a cada dia a ponto de se tornar facilmente maior que todos que vivem em casa, mesmo que tenha sido fabricado bem pequenino. Os que vivem na casa com medo desse *Golem*, apagam então a primeira letra do nome para que ele se torne *meth* (está morto). E, assim, ele cai, se desmorona e se transforma novamente em argila. Um homem havia deixado, por descuido, crescer demasiadamente o seu "*Golem*". Tão grande estava que já não era mais possível alcançar a sua fronte. Então, tomado pelo medo, ele ordenou a seu servo que lhe tirasse as botas, para que quando o *Golem* estivesse abaixado, pudesse atingir sua fronte. Tendo conseguido, retirou a primeira letra, mas todo aquele peso de argila caiu sobre ele e o matou (ZUBEN, 2004 p.149).

Os mitos são mesmo fascinantes, eles conseguem ultrapassar o tempo e as fronteiras culturais para servirem de metáforas inimagináveis. Seria a ciência semelhante ao *Golem*, descrito na lenda criada pelos judeus poloneses? Assim como o *Golem*, a ciência também é uma invenção humana que, depois de pronunciadas outras palavras e outros símbolos, adquire vida própria. Nasce pequenina, mas, animada pela *verdade* que lhe marca a fronte, pode se tornar muito maior do que aqueles que a criaram. Por isso não deve sair de casa, não deve fugir ao nosso controle. Mas se por acaso crescer demasiadamente a ponto de constituir-se em um risco para os que vivem na casa, sempre é possível questionar os seus atributos de verdade, para que possa morrer. Depois é só reunir o barro e construir um novo *Golem*, com outra *verdade*, sempre disposta ao alcance de podermos apagar novamente a suas iniciais.

Mas, o que aconteceria se, por descuido, o nosso *Golem* se tornasse muito grande, ao ponto de não mais alcançarmos o seu atributo de verdade? Conforme relata o mito, a simples tentativa de modificar as suas letras iniciais poderia esmagar e destruir a vida de seu criador.

Embora a nossa ciência tenha assumido a imagem de um *Golem* muito grande, poderoso e desajeitado que, a exemplo da sociedade moderna, avança orientado pela ideia de um futuro e progresso infinitos; embora as agressões ao ambiente, o aquecimento global, a miséria, a fome e a catástrofe das guerras continuem persistindo; embora no exato momento em que escrevemos estas palavras conclusivas de nossa tese de doutorado, uma iminente possibilidade de conflito na América do Sul esteja posta

pelos desentendimentos entre Venezuela e Colômbia; embora os noticiários comuniquem a inauguração de um estranho reservatório (Arca de Noé) construído com o objetivo de abrigar exemplares de todas as sementes do mundo – prenúncio de uma esperada destruição da vida do planeta. Apesar desses e muitos outros motivos para desacreditarmos do futuro, aos apelos pessimistas, que só produzem sentimentos de resignação e impotência, preferimos o caminho revolucionário da esperança. Mesmo porque, conforme nos lembra Prigogine, as recentes ciências da complexidade negam o determinismo e insistem na criatividade em todos os níveis da natureza. Portanto, conforme já afirmamos no capítulo IV e durante muitos outros momentos desta tese, o futuro não é dado, não está determinado como algo inexorável. O futuro está em construção e todos nós podemos participar deste processo.

Apesar de os horizontes não serem os mais animadores, preferimos olhar com a força da esperança e, orientados pelo princípio da possibilidade, apostar na emergência de um novo paradigma científico que, no esforço por construir uma hermenêutica que lhe permita aproximar-se dos saberes populares e de senso comum, deverá reencontrar um novo caminho de comunicação consigo mesmo e com o humano, restabelecendo, assim, um novo sentido ético que se caracteriza muito bem naquilo que Santos define como um *Conhecimento Prudente para uma vida decente*.

Mas, não se trata de algo dado. Sempre nos caberá o esforço de construir o que está posto como possibilidade. O caminho rumo ao "fim da história", o "fim da ciência" e o advento de uma sociedade "pós-humana", ou a aposta

em uma ciência mais próxima da natureza que, mesmo admitindo as fragilidades das perdas, dores e sofrimentos, conseguirá conduzir ao futuro os mais legítimos sonhos da espécie humana.

Os sinais estão postos e, conforme discutimos durante o terceiro capítulo, a crise ambiental tem sido o maior atrator dessa nova revolução. Um novo e urgente interesse pela ecologia; o fim do determinismo e das visões reducionistas, que já não encontram lugar privilegiado nas ciências; uma nova confluência e troca de saberes nas várias iniciativas interdisciplinares; um novo e crescente interesse pela vida cultural que vem sendo observado em todo o mundo; os estudos envolvendo ciência, cultura e sociedade, cada vez mais presentes; o encontro das ciências naturais com as ciências sociais, em um diálogo que, certamente, será de enorme importância para a nova configuração que se aproxima; e as sérias iniciativas, no sentido de estabelecer um diálogo autêntico entre o conhecimento científico e os saberes populares, são indícios muito fortes de que em meio a crise, insurge um novo jeito de pensar e fazer ciência.

Não se trata mais de uma ciência que quer apenas comunicar os seus feitos e o potencial de seu conhecimento, mas de uma nova ciência que pretende dialogar com outros saberes, principalmente porque reconhece que sozinha não consegue dar conta de toda a complexidade do universo, incluído aí, o próprio homem. Uma ciência que entende a importância e a abrangência da linguagem matemática, mas que, justamente por isso, compreende que ela não consegue dar conta de fenômenos que ultrapassam os seus limites. Uma ciência que entende e reconhece a

influência de seu entorno e desconfia sistematicamente dos seus dogmas de neutralidade e objetividade. Uma ciência que, reconhecendo a forte presença de interesses políticos e de mercado envolvidos na aparência de neutralidade da produção do conhecimento, coloca a ética e a prudência como centro de suas pesquisas, recorrendo sempre ao princípio da precaução e ao respeito aos apelos de outros olhares. Uma ciência que não quer ser reconhecida e admirada, apenas pelos feitos de suas inovações tecnológicas, e pela infinidade de recursos que disponibiliza ao mercado, mas pelo crescimento da qualidade de vida do planeta e das espécies, e pelo engrandecimento das potencialidades naturais dos homens quando afastados dos socorros tecnológicos. Uma ciência que não se pretende pautar pelo uso fácil da tecnologia, mas que se faz presente no mundo da vida, tornando-se parte do conhecimento comum dos povos; que quer fazer parte da comunidade de sentidos, compartilhando o diálogo com outras formas de linguagem e expressões humanas (ética, estética, religiosa e popular). Uma ciência que, reconhecendo as desigualdades sociais, também reconhece que seus esforços de pesquisa devem ser orientados no sentido de contribuir com a emancipação social dos povos. Enfim, uma ciência que, reconhecendo os limites de sua racionalidade, consegue, finalmente, reencontrar e dialogar com o senso comum sem desqualificá-lo nem abandoná-lo à sua própria sorte.

Referências

ACANDA, J L. A problemática do sujeito e os desafios para teoria da educação. *Revista Crescemos*, Universidade de Porto Rico, Recinto de Rio Piedras, ano 5, Nº.2, 2001.

ADORNO, T. & HORKHEIMER, M.; *Dialética do Esclarecimento: fragmentos filosóficos*. Tradução: Guido Antônio de Almeida. Rio de Janeiro, RJ, Jorge Zahar Ed., 1985.

AGENDA 21. *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento*. Brasília, Senado Federal, 1997.

ALBAGLI, S. *Divulgação científica: informação científica para a cidadania?* Ci. Inf., Brasília, v.25,n,3, p. 396-4004, set/dez 1996.

ALMEIDA, M. A vulgarização do saber. In MASSARANI, L.; MOREIRA, ILDEU DE C. & BRITO, F. (orgs.) *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro, Casa da Ciência. UFRJ, 2002.

ALVARENGA, B. *Em busca da unificação*. Abertura do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Belo Horizonte, MG, 1997.

ALVES, R. *Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras*. 6ª ed. São Paulo, Brasiliense, 1985.

ALVES, R. *Entre a Ciência e a sapiência, o dilema da educação*. São Paulo, SP, Loiola, 1999.

ANTUNES, R. *Adeus ao trabalho? Ensaio sobre as Metamorfoses e a Centralidade do Mundo do Trabalho*. São Paulo, Editora Cortez, 1995.

ASSMANN, H. *Reencantar a Educação: Rumo à sociedade aprendente*. Petrópoles, Editora Vozes, 1998.

ATLAN, H. Entrevista. In. PASSIS-PASTERNAK, G. (Entrevistas) *Do caos a inteligência artificial: quando os cientistas se interrogam*. Trad. Luiz Paulo Rouanet, São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1993.

BACHELARD, G. *A Filosofia do Não; O Novo Espírito Científico; A Poética do Espaço*. Seleção de textos de José Américo Motta Pessanha; Traduções de Joaquim José Moura Ramos... (et. Al.) – 2 ed., Os Pensadores – São Paulo, Editora Abril Cultural, 1984.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento.* Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro, Editora Contraponto, 1996.

BAPTISTA, A. M. *O Discurso Pós-moderno Contra a Ciência: obscurantismo e irresponsabilidade*. Lisboa, Portugal. Ed. Grávida, 2002.

BARBOSA-LIMA, M.C. BARROS, H.L. & TERRAZAN, E., Quando o Sujeito se torna Pessoa: uma articulação

possível entre poesia e ensino de física. *Ciência e Educação*, v.10, (2), p. 291-303, 2004.

BARBOSA-LIMA, M.C. QUEIROZ, G. & SANTIAGO, R. Ciência e Arte: Vermeer, Huygens e Leeuwenhoek. *Ciência na Escola*, v.8, (2), p. 27-30, outubro, 2007.

BARROS, H. L. A Cidade e a Ciência. In. MASSARANI, L.; MOREIRA, ILDEU DE C. & BRITO, F. (orgs.) *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro, Casa da Ciência. UFRJ, 2002.

BASTOS FILHO, J. B. *Reducionismo: uma abordagem epistemológica*. Maceió, EDUFAL, 2005.

BASTOS FILHO, J.B. *Sobre os limites e possibilidades de PopC&T.* Entrevista concedida ao autor durante visita a UEPB em agosto de 2005. (Material pertencente ao nosso arquivo pessoal).

BEM-DOV, YOAV. *Convite à física*, Ed. Jorge Zahar, Rio de Janeiro. 1996.

BERGSON, *Cartas Conferências e Outros Escritos*. Tradução de Franklin Leopoldo e Nathanael Caxeiro. Os Pensadores. São Paulo, Abril Cultural, 1979.

BERNAL, D.J., *Ciência na História*. 1º Volume, Coleção Movimento, Nº 5. Lisboa, Livros Horizonte, 1975a.

BERNAL, D.J. *Ciência na História*. 2º Volume, Coleção Movimento, Nº 6. Lisboa, Livros Horizonte, 1976b.

BERNAL, D.J. *Ciência na História*. 3º Volume, Coleção Movimento, Nº 7 . Lisboa, Livros Horizonte, 1976c.

BERNAL, D.J. *Ciência na História*. 6º Volume, Coleção Movimento, Nº10 . Lisboa, Livros Horizonte, 1977.

BETTO, F. *"Um sentido para a vida"*, Palestra apresentada na Federação do Comércio de São Paulo, novembro de 1997.

BORNHEIM, G. A. *Os Filósofos Pré-socráticos*. Cultrix, São Paulo - SP, 1993.

BURTT, E. A. *As bases metafísicas da ciência moderna*. Tread. de José Viegas Filho e Orlando Araújo Henrique. Editora Universitária, Brasília, 1991.

CAMBI, F. *História da pedagogia*. Tradução de Álvaro Lorencini. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

CAMENIETZKI, C. Z. Esboço biográfico de Valentin Stansel (1621-1705), matemático, jesuíta e missionário na Bahia. *Ideação*, Feira de Santana, v.3, p.159-182. 1999.

CANDOTTI, E. Ciência e Ética. Belém do Pará, *III Forum da Unesco sobre Ciências e Cultura: em direção a Eco-Ética*, abril de 1992.

CANDOTTI, E. Ciência na Educação Popular. In MASSARANI, L.; MOREIRA, ILDEU DE C. & BRITO, F. (orgs.) *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro, Casa da Ciência. UFRJ, 2002.

CANDOTTI, E. Os desafios da Popularização da Ciência. In. CANDOTTI, E., BARROS, H., GERMANO M., (membros convidados). *Mesa Redonda realizada durante a Reunião Regional da SBPC, UFCG, novembro de 2003*. (material gravado e pertencente ao nosso arquivo).

CANDOTTI, E. Como Fazer da Ciência um Patrimônio Público? In. *Depoimentos de Divulgadores da Ciência no Brasil*. CD-ROM Produzido pela Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ), Rio de Janeiro – RJ, 2005.

CANIATTO, R. *Com ciência na educação; ideário e prática de uma alternativa brasileira para o ensino de ciências*. Campinas, SP, Editora Papirus, 1987.

CASTRO, M. C. *A Loucura da Medição no século XIX*. Disponível em http://www.filoinfo.bem-vindo.net/filosofia/modules/AMS/article.php?storyid=29 Consultado em : 25/11/2007.

CHALMERS, Alan, F., *O que é ciência, afinal?* Tradução de Raul Fiker, 1ª ed. – São Paulo, Brasiliense, 1993.

CHARTIER, R. *A aventura do livro, do leitor ao navegador*. Trad. Reginaldo de Moraes, São Paulo, UNESP, 1999.

CHASSOT, A. *Alfabetização Científica: questões e desafios para educação*. Ijuí, Editora UNIJUÍ, 2001.

CHAUÍ, M. *Convite à Filosofia*. 6ª ed. São Paulo, Editora Ática, 1997.

CHAUÍ, M. *Cultura e Democracia,* 9ª ed. São Paulo, Cortez, 2001.

CHAUÍ, M. *Introdução a História da Filosofia,* Editora: Companhia das Letras, São Paulo- SP, 2002.

CIÊNCIA E INCLUSÃO SOCIAL. Cauê Matos (Org.). São Paulo. Editora Terceira Margem, 2002.

CIÊNCIA E PÚBLICO: CAMINHOS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO BRASIL. Massarani, L.; Moreira, Ildeu de C. & Brito, F. (orgs.). Rio de Janeiro, Casa da Ciência. UFRJ, 2002.

COLLINS, H; PINCH, T. *O golem: o que você deveria saber sobre ciência*. Trad. Laura Cardelline Barbosa de Oliveira. São Paulo, Editora UNESP, 2003.

CONHECIMENTO PRUDENTE PARA UMA VIDA DECENTE: UM DISCURSO SOBRE A CIÊNCIA REVISITADO. Boa Ventura de Souza Santos (Org.), São Paulo Cortez, 2004b.

COSTA, A. & SCHWARCZ, L.*1890-1914: No tempo das Certezas*. Coleção: Virando Séculos. São Paulo, Editora Companhia das Letras, 2000.

COSTA, M. Comentários. In. *Educação Popular Hoje*; Marisa Vorrabe Costa. (org.). São Paulo, Editora Loyola, 1998.

COSTA, RODRIGO, R.; NASCIMENTO, R & GERMANO, M. Salvador dali e a mecânica quântica. *Física na Escola,* v.8 (2), pp. 23-26, outubro, 2007.

CULTURA CIENTÍFICA: DESAFIOS. Carlos Vogt (Org). São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp, 2006.

CURY, M. X. Estudos sobre Centros e Museus: subsídios para uma política de apoio. In. *Educação para a Ciência: curso para treinamento em Centros e Museus de Ciências*. CRISTANA, S. (Org.). São Paulo, Editora Livraria da Física, 2001.

DANTAS, AGAMENON S. L. Conhecimento científico e desenvolvimento tecnológico – Para quê e para quem? In. *Ciência e Inclusão Social. Cauê Matos (Org.)*. São Paulo, Editora Terceira Margem, 2002.

DELIZOICOV, D. *Metodologia do ensino de ciências*. São Paulo, Cortez, 1991.

DESCARTES, R. *Meditações Metafísicas*. Tradução: Maria E. Galvão. São Paulo, Editora Martins Fonte, 2000.

DESCARTES, R. *Discurso do Método: para bem dirigir a própria razão e buscar a verdade nas ciências*. Tradução: Pietro Nassetti. São Paulo, Editora Martin Claret, 2002a.

DESCARTES, R. *Regras para a Direção do Espírito*. Tradução: Pietro Nassetti. São Paulo, Editora Martin Claret, 2002b.

DICK, B. Como Conduzir e relatar a pesquisa-ação. In. *Pesquisa-ação: princípios e métodos*. Roberto Jarry Richardson (org.) – João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB, 2003.

EDUCAÇÃO POPULAR HOJE. Marisa Vorrabe Costa. (Org.). São Paulo, Loyola, 1998.

EINSTEIN, R.& INFELD, L. *A evolução da física*. Rio de Janeiro RJ, Editora Guanabara S.A. 1988.

ENGELS, F. *A Dialética da Natureza. Rio de Janeiro*. Civilização Brasileira, 1978.

ENGELS, F. *A Propósito de "O Capital" de K. Marx,* Werke, 16. Marx e Engels, Textos Sobre Educação e Ensino, São Paulo, Editora Moraes, 1983.

ENGELS, F; OAKLEY B. *O papel do trabalho na transformação do Macaco em Homem e O Homem como ser Fabricante de Utensílios.* São Paulo, Global Editora, 1984.

ESTATUTOS. REDE DE POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA E NO CARIBE, Rede-POP, Disponível em http://www.redpop.org/pagina%20portugues/assets/pdfs/estatutos_prt.pdf.

EVANGELISTA, LUIS, R. Reflexões sobre a abordagem físico-filosófica da realidade quântica. In NOGUEIRA, A., (Org). *Ciência para quem? Formação científica para que?* Petrópolis, Rio de Janeiro, Vozes, 1999.

FARATO, T. Isaac Newton: As Profecias Bíblicas e a Existência de Deus. In. *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino.* Cibelle Celestino Silva (Org.). São Paulo, Editora Livraria da Física, 2006.

FAZZIO, A.; Entrevista: A física deve gerar riqueza para o país. *Jornal da Ciência (JC) e*-mail 3110, de 27 de Setembro de 2006.

FERNANDES, A. M. *A construção da ciência no Brasil e a SBPC*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 2ª edição, 2000.

FERNANDEZ, B.P.M. *O Devir das Ciências: Isenção ou Inserção de Valores Humanos?Por uma Ciência Econômica Ética, Social e Ecologicamente comprometida.* Tese de Doutorado. Florianópolis, UFSC, 2004.

FIOCRUZ. *Depoimentos de Divulgadores da Ciência no Brasil*. Cd-rom produzido pela Fundação Osvaldo Cruz (Fiocruz), Rio de Janeiro, RJ, 2005.

FEYRABEND, P. *Contra o método*. Tradução: César Augusto Mortari. São Paulo, Editora Unesp, 2007.

FLORIANI, D. *Diálogos Interdisciplinares para uma agenda socioambiental: breve inventário do debate sobre ciência, sociedade e natureza. Desenvolvimento e Meio Ambiente,* n.1, p. 21-39 jan./jun. Editora da UFPR, 2000.

FORRESTER, V.; *O horror econômico*. Tradução: Álvaro Lorencini. São Paulo, Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997.

FRANCALANZA, H. *O ensino de ciências no primeiro grau*. São Paulo, Atual, 1986.

FREIRE, JUNIOR, O. *Sobre os limites e possibilidades de PopC&T.* Entrevista concedida ao autor durante visita a UEPB em Novembro de 2006. (Material pertencente ao nosso arquivo pessoal).

FREIRE, P.; *Extensão ou comunicação?* Trad. Rosisca Darcy de Oliveira, 10ª edição, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1971.

FREIRE, P. *Conscientização: teoria e prática da libertação, uma introdução ao pensamento de Paulo Freire*.Tradução de Kátia de Melo e Silva. São Paulo, Moraes, 1980.

FREIRE, P.; *Pedagogia do Oprimido*. 4ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1981.

FREIRE, P.; *Educação como prática da liberdade.* Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984.

FREIRE, P.; *Pedagogia da Autonomia*: saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P.; *Pedagogia da Esperança: um reencontro com a Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1999.

FREIRE, P.; FAUNDEZ, A. *Por uma pedagogia da pergunta.* Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1985.

FREITAG, B.; *A teoria crítica: ontem e hoje.* São Paulo, Editora Brasiliense, 1986.

FROMM, E.; *Da desobediência e outros ensaios*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1984.

GARDNER, H. *O Verdadeiro o Belo e o Bom*: *os princípios básicos para uma nova educação*. Rio de Janeiro, Editora Objetiva Ltda, 1999.

GASPAR, A. *Museus e centros de Ciências: conceituação e proposta de um referencial teórico*. Tese de Doutorado. São Paulo, FE-USP, 1993.

GAZETA DO POVO ON-LINE. http://canais.ondarpc.com.br/gazetadopovo/brasil/conteudo.phtml?id=543643, consultado em maio de 2006.

GERMANO, J. *Estado Militar e Educação no Brasil (1964-1985)*. 2a ed., São Paulo, Cortez, 1994.

GERMANO, M. Ciência e cultura: em busca de reaproximação. *II Encontro de Pesquisa em Educação da Paraíba,* Centro de Educação, UFPB, novembro de 2004.

GERMANO, M. Popularização da Ciência: uma revisão conceitual. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física,* v.24(*1*): 7-25; abril, 2007.

GORZ, A. *O Imaterial: conhecimento, valor e capital*. Tradução de Celso Azzan Júnior. São Paulo, Annablume, 2005.

GRAMSCI, A. *Os Intelectuais e a Organização da Cultura*. Tradução de Carlos N. Coutinho. Rio de Janeiro. Civilização Brasileira, 1979.

GRAMSCI, A. *Concepção Dialética da História*. Tradução de Carlos N. Coutinho. Rio de Janeiro. Civilização Brasileira, 1981.

GRANGER, G.G. *A Ciência e as ciências*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo, Ed. UNESP, 1994.

GRECA, I. & FREIRE JÚNIOR, O. A "crítica forte" da Ciência e implicações para a Educação em Ciências. *Ciência e Educação*, v.10, nº3, p. 343-361, 2004.

GUIMARÃES, J. *Democracia e Marxismo: Crítica à razão Liberal*. São Paulo, Xamã, 1998.

HABERMAS, J. Teoria de la acción comunicativa: complementos y estúdios prévios. Madrid: Ediciones Cátedra, S,A., 1997.

HABERMAS, J. *Conhecimento e Interesse*. Textos escolhidos/ Walter Benjamin, Max Horkeiheimer, Theodor W. Adorno, Jürgen Habermas; traduções de José Lino Grunnewald... [et al.]. – 2 ed. – Os Pensadores. São Paulo, Abril Cultural, 1983a.

HABERMAS, J. *Técnica e Ciência Enquanto "Ideologia"*. Textos escolhidos/ Walter Benjamin, Max ;orkeiheimer, Theodor W. Adorno, Jürgen Habermas; traduções de José Lino Grunnewald... [et al.]. – 2 ed. – Os Pensadores. São Paulo, Abril Cultural, 1983b.

HAMBUGER, W. A popularização da Ciência no Brasil. In. *Educação para a Ciência: cursos para treinamento em Centros e Museus de Ciências*. CRISTANA, S. (Org.). São Paulo, Editora Livraria da Física, 2001.

HAMBURGER, C. Ciência, carnaval e futebol. In. *Depoimentos de Divulgadores da Ciência no Brasil*. Cd-rom produzido pela Fundação Osvaldo Cruz (Fiocruz), Rio de Janeiro, RJ, 2005.

HAWKING, S. W. *Uma breve história do tempo: do Big Bang aos buracos negros*. Trad. Maria Helena Torres. Rocco, Rio de Janeiro, 1988.

HAZEN, R. M.; TREFIL J. *Saber ciência.* São Paulo: Cultura, Editores Associados.

HEGEL, G.W. F. *A Fenomenologia do Espírito.*Tradução: Henrique de Lima Vaz. Os Pensadores, Abril Cultural, São Paulo, 1974.

HERNANDO, M. *La divugación científica y los desafios del nuevo siglo*. São Paulo, Primeiro Congresso Internacional de Divulgação Científica, Associação Brasileira de Divulgação Científica (ABRADIC), 2002.

HOBSBAWM, E.; *Era dos Extremos: o breve século XX, 1914-1991*. Trad. Marcos Santarrita, São Paulo, Companhia das Letras, 1995.

HORKHEIMER, M. & ADORNO, T. *Dialética do Esclarecimento*. Trad. Guido Antônio de Almeida. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Ed., 1985.

HUERGO, J. *La Popularización, mediación e negociación de significados*. Cono Sur. La plata. Seminário Latino Americano, Estratégias para la Formacioón de Popularizadores en Ciências e Tecnologia, Rede-POP, 2001.

INEP. *Mapa do Analfabetismo no Brasil*. Brasil, Ministério da Educação, 2003.

JAPIASSU, H. *Para Ler Bachelard*. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1976.

KANT. I. *Crítica da Razão Pura*. Tradução de Valério Rohden e Udo Baldur Moosburger. São Paulo, Abril Cultural, 1983.

KOYRÉ, A.; *Do mundo fichado ao universo infinito*. Tradução: Gonaldson M. Garschagen, São Paulo : Ed.da Universidade de São Paulo 1979.

KOYRÉ, A.; *Estudos Galilaicos*. Tradução de Nuno Ferreira da Fonseca. Lisboa, Dom Quixote, 1992.

KRIEGER, E. M.; *Abertura do Encontro Sobre Popularização da Ciência*. Rio de Janeiro, fevereiro de 2004. Disponível em www.academiabrasileiradecienciashtm

KUHN, T. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 8ª ed. São Paulo, Perspectiva, 2003.

KULESZA, W. Ciência e Educação Popular. In COSTA MARISA, V. (org.). *Educação popular hoje*. São Paulo, Loyola, 1998.

KULESZA, W. O Trânsito das Luzes no Final do Século XVIII. O caso do Seminário de Olinda. In. *Resgate: revista de cultura do Centro de memória*, nº 3. – UNICAMP. Campinas, 1991.

LACEY, H. A ciência e o bem-estar humano: para uma nova maneira de estruturar a atividade científica. In. *Conhecimento Prudente Para uma Vida Decente: Um Discurso Sobre a Ciência Revisitado*. Boaventura de Sousa Santos (Org.) São Paulo, Cortez, 2004b.

LACEY, H. Pesquisas com células-tronco embrionárias. Tradução de Clara Allain, São Paulo, *Jornal Folha de São Paulo*, 23/9/2007a.

LACEY, H. Os valores da ciência e o papel da ética na ciência. Belém do Pará, 59 *Reunião Anual da SBPC* – 09 de julho de 2007b.

LAKATOS, I. *Falsificação e Metodologia dos Programas de Investigação Científica*. Tradução de Emília P. Carvalho Mendes. Lisboa, Portugal. Edições 70, 1999.

LATOUR, B.; *Ciência em Ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. Trad. Ivone C. Benedetti; revisão de trad. Jesus de Paula Assis. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LENS, J. L. *La Capacitatión: Teoría y Práctica.* Tandil, provincia de Buenos Aires, Editora de la UNCPBA, 2000.

LENS, J. L. La pedagogia dialógica como marco teórico-estratégico para la formación de popularizadores en ciencia y tecnologia. *Seminário Latinoamericano. Estrategias para la Formación de Poopularizadores en Ciência y Tecnologia*. Red-POP- Cono Sul. La Plata, 2001.

LÉVI-SATRAUSS, A. *A família, origem e evolução.* Porto Alegre RS Ed. Villa Martha LTDA, 1980.

LÉVY-LEBLOND, J. *O pensar e a prática da ciência, antinomias da razão.* Tradução: Maria Lúcia Panzoldo, Bauru, São Paulo, EDUSC, 2004.

LÉVY-LEBLOND, J. Cultura Científica: impossível e necessária. In. *Cultura Científica: desafios.* Carlos Vogt (Org.). São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo. FAPESP, 2006.

LOCKE, J. *Ensaio acerca do entendimento humano*. Tradução de Anoar Aiex. Os Pensadores. São Paulo, Nova Cultura, 1998.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. *Alfabetização Científica no Contexto das Séries Iniciais.* Belo Horizonte, Ensaio, Vol. 3, número 1, Junho de 2001.

LOUREIRO, M. *Museu de ciências, divulgação científica e hegemonia.* Ci. Inf., /abr. 2003, vol.32 n1, p.88-95. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.

LUCIE, P. *A gênese do método científico*. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1978.

LUCIE, P. *Física Básica: Mecânica*. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1979.

MAESTRI, M. & CANDREVA, L. Antônio Gramsci: vida e obra de um comunista revolucionário. São Paulo, Expressão Popular, 2007.

MANACORDA, M. A., *Marx e a Pedagogia Moderna*. Trad. Newton Ramos -de- Oliveira, São Paulo, Cortez: Autores Associados, 1991.

MARANDINO, M. A Prática de Ensino nas Licenciaturas e a Pesquisa em Ensino de Ciências: Questões Atuais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. V.20, p. 168-192, agosto, 2003.

MARCUSE, H. *A Ideologia da Sociedade Industrial: o homem unidimensional*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 6ª Ed., 1982.

MARTINS, A.F.P., *O ensino do conceito de tempo: contribuições históricas e epistemológicas*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1998.

MARTINS, A.F.P. Concepções de Estudantes a cerca do conceito de tempo: uma análise a luz da epistemologia de Gaston Bachelard. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, FEUSP, São Paulo, 2004.

MARTINS, A.F.P., *Tempo físico: a construção de um conceito.* Natal, RN: EDUFRN, Editora da Universidade do Rio Grande do Norte, 2007.

MARTINS, E. de Rezende. *História,* Universidade de Brasília, 11 de agosto de 2004, Disponível em http://www.criticanarede.com/fil_historia.html,

MARTINS, R. A. *O Universo: teoria sobre sua origem e evolução*. Editora Moderna, São Paulo, 1994.

MARTINS, R. A *Sobre os limites e possibilidades de PopC&T.* Entrevista concedida ao autor durante visita a UEPB em agosto de 2006. (Material pertencente ao nosso arquivo pessoal).

MARX, K. & ENGELS, F. *A ideologia alemã; seguido das teses sobre Feuerbach.* São Paulo: Morais, 1984.

MARX, K., *Manuscritos Econômicos e Filosóficos*. Biblioteca Virtual Revolucionária, Disponível em http://www.geocities.com/autonomiabvr/man2.html Capturado em abril de 2004.

MASSARANI, L. *A divulgação científica no Rio de Janeiro: Algumas reflexões sobre a década de 20*, Dissertação de Mestrado, Instituto Brasileiro de Informação em C&T(BICT) e Escola de Comunicação, UFRJ, 1998.

MASSARANI, L.; MOREIRA, ILDEU DE C. & BRITO, F. (orgs.) *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro, Casa da Ciência. UFRJ, 2002.

MATOS, Olgária C. F. *A Escola de Frankfurt: luzes e sobras do iluminismo*. 1ª ed., São Paulo, Moderna, 1993.

MATOS, C. *Ciência e Inclusão Social*. São Paulo. Ed. Terceira Margem, 2002.

MATURANA, H. & VARELLA, F. *A árvore do Conhecimento. A base Biológica do entendimento humano*. Campinas Psy II, 2002.

MELO NETO, J. F. *Dialética: uma introdução*. Editora Universitária, UFPB, 2001.

MELO NETO, J. F. *Extensão universitária, autogestão e educação popular.* João Pessoa, Editora Universitária, UFPB, 2004.

MENEZES, L. C. Ensinar Ciências no Próximo Século. In. HAMBURGER, E.; MATOS, C. (Orgs.). *O Desafio de Ensinar Ciências no Século XXI*. São Paulo, EDUSP, 2000.

MINAYO, M. C. S. *Ciência Técnica e Arte: o desafio da pesquisa social*. Suely Ferreira Deslandes, Otávio Cruz Neto, Romeu Gomes e Maria de Souza Minayo(org.). Petrópoles, Vozes, Rio de Janeiro, 1995.

MINAYO, M. C. de L. (Org.) *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. 19. Petrópolis: Vozes, 2001.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, PCN + ENSINO MÉDIO. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. MEC/SENTec, Brasília, 2002.

MIRANDA, Antônio C. *As Raízes do ensino de ciências no Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. São Paulo, 1998.

MOREIRA, I. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. In MASSARANI, L.; MOREIRA, ILDEU DE C. & BRITO, F. (orgs.) *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil.* Rio de Janeiro, Casa da Ciência. UFRJ, 2002

MOREIRA, I., A Inclusão Social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. *Revista Inclusão Social,* Vol.1, Nº 2 , 2006.

MORIN, E. *Os sete saberes necessário a educação do futuro.* Tradução: Catarina E. F. da Silva e Jeanne Sawaya; 8.ed.; São Paulo, Cortez; Brasília DF; UNESCO, 2003.

MOSCOVICI, S., *Representações Sociais: investigação em Psicologia Social.* Tradução: Pedrinho A. Guareschi. Petrópolis,RJ, Vozes, 2003.

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA. http://www.mst.org.br/mst/pagina.php?cd=534_. Consultado em maio de 2006. _

MUELLER, M. S. Popularização do conhecimento científico. *Revista de Ciência e Informação,* V.3 n.2, abril de 2002. Disponível em: http://www.dgz.org.br/abr02/Art_03.htm

NEWTON, I. *Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*. Livro I. 2 edição. Tradução: Trieste Ricci; Leonardo Gregory; Sônia Gehring; Maria Helena Célia. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

NIETZSCHE, F. *Obras incompletas*. Seleção de textos de Gérard Lebrun; tradução e notas de Rubens Rodrigues Torres Fillho; posfácio de Antônio Cândido. 3. ed. Os pensadores, São Paulo, Abril Cultural, 1983.

NUNES, A. Um Discurso sobre as Ciências 16 anos depois. In. *Conhecimento Prudente Para uma Vida Decente: Um Discurso Sobre as Ciências Revisitado*. Boaventura de Sousa Santos (org.) São Paulo, Cortez, 2004.

NUNES, B. *Cultura Tradicional e Cultura Tecnológica*. Ensaios: Filosofia/Política/Ciência da História. São Paulo, Ed. Ensaios, 1985.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica 2: Fluidos Oscilações Ondas e Calor. São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1990.

OMNÈS, R. *Filosofia da Ciência Contemporânea.* Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo, UNESP, 1996.

ORIGENS E EVOLUÇÃO DAS I S DA FÍSICA. José Fernando Rocha (Org.). Salvador, EDUFBA, 2002.

OSTERMANN, F., *A Epistemologia de Kuhn.* Caderno Catarinense de Ensino de Física, v.13(3): 184-196; dezembro. 1996.

PAIVA, José Maria de. *Educação jesuítica no Brasil colonial*. In: LOPES, Eliane Marta Teixeira; FARIA FILHO, Luciano Mendes; VEIGA, Cynthia Greive. *500 anos de educação no Brasil*. 3ª. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2000. pp.43-59.

PAVÃO, C. A ciência em cada esquina. In. *Depoimentos de Divulgadores da Ciência no Brasil*. Cd-rom produzido pela Fundação Osvaldo Cruz (Fiocruz), Rio de Janeiro, RJ, 2005.

PERDOMO, I., Alfabetismo Científico y Educación. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campo Central de Veracrus, *Revista Iberoamericana de Educación*, 2001.

PESQUISA-AÇÃO: PRINCÍPIOS E MÉTODOS. Roberto Jarry Richardson (org.). João Pessoa: Editora Universitária/ UFPB, 2003.

PONCZEK, R. L. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da Mecânica. In. *Origens e Evolução das Idéias da Física*. José Fernando Rocha (Org.). Salvador, EDUFBA, 2002.

POPPER, K. R. *Conjecturas e Refutações*. Brasília, Editora da Universidade de Brasília (UnB), 1982.

POPPER, K. R. *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo, SP. Editora Cultrix 2002.

PRIGOGINE, I. Entrevista. In. PASSIS-PASTERNAK, G. (Entrevistas) *Do caos a inteligência artificial: quando os cientistas se interrogam*. Trad. Luiz Paulo Rouanet, São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1993.

PRIGOGINE, I., *O Fim das Certezas: Tempo e caos e as leis da natureza*. Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo, UNESP, 1996.

PRIGOGINE, I. & STENGERS, I., *A Nova Aliança*. Trad. Miguel Faria e Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1997.

REDE DE POPULARIZAÇÃO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA NA AMÉRICA LATINA E NO CARIBE (REDE-POP), http://www.redepop.com, 2007.

REGNER, A. C. Feyrabend e o Pluralismo Metodológico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.13(3): 231-247; dezembro. 1996.

REIS J. Ponto de vitsa: José Reis (entrevista). In. MASSARANI, L.; MOREIRA, ILDEU DE C. & BRITO, F. (Orgs.) *Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro, Casa da Ciência. UFRJ, 2002.

REZENDE, S. O Brasil no espaço, um programa estratégico. *Ciência na Mídia, Textos sobre divulgação científica*, http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/14463.html, capturado em outubro de 2006.

RIBEIRO, J. A. *Sobre Os Instrumentos Sinfônicos e em torno deles*. Rio de Janeiro, RJ, Record, 2005.

RICHARDSON, Roberto Jerry. *Pesquisa social: métodos e técnicas*. Roberto Jarry Richardson; colaboradores. José Augusto de Sousa Peres, São Paulo: Atlas, 1999.

ROCHA, F.J. Origem e Evolução do Eletromagnetismo. In. *Origens e Evolução das Idéias da Física*. José Fernando Rocha (Org.). Salvador, EDUFBA, 2002.

RODRIGUES, L. Como se conceitua educação popular. In: Melo Neto, José Francisco & Scocuglia, Afonso Celso Caldeira. *Educação Popular – outros caminhos*. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1999.

RODRIGUES, L. Saber e Ciência Escolares e Populares. In. *O Labirinto da Educação Popular* (pp. 103 a 134), Edna Gusmão de Góes Brennand (Org.), João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2003.

RONAN, Colin A. *História Ilustrada da Ciência da Universidade de Cambridge*. Volume 1: Das origens à Grécia, tradução de Jorge Enéas Fortes. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editora, 2001.

ROUSSEAU, Jean-Jacques. *Do Contrato Social. Ensaio sobre a origem das línguas. Discurso sobre a origem e a desigualdade entre os homens. Discurso sobre as Ciências e as Artes*. Tradução de Lourdes Santos Machado. 3ª edição. São Paulo. Abril Cultural, 1983.

SABBATINI, M. Alfabetização e Cultura Científica: conceitos convergentes? Revista Digital: Ciência e Comunicação, Vol. 1, número 1, novembro de 2004.

SAGAN, C. *O Romance da Ciência*. Tradução: Carlos Alberto Medeiros, Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1985.

SAGAN, C. *O mundo Assombrado Pelos Demônios*: *A ciência vista como uma vela no escuro*. 13ª ed. Traduzido por Rosaura Eichemberg. São Paulo, Companhia das Letras, 1996.

SALAM, A.; HEISENBERG, W.; DIRAC, P. A. M. *A unificação das forças fundamentais*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993.

SALES, I. Educação Popular: uma perspectiva, um modo de atuar (alimentando um debate). In: Melo Neto, José Francisco & Scocuglia, Afonso Celso Caldeira. Educação Popular – outros caminhos. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 1999.

SÁNSHEZ MORA, A. M. *A divulgação da ciência como literatura*. Tradução: Silvia Perez Amato. Rio de Janeiro, Casa da Ciência, UFRJ, 2003.

SANTOS, B. S., *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Rio de Janeiro, Graal, 2003.

SANTOS, B. S. *Um Discurso sobre as Ciências*. 2ª ed. São Paulo, Cortez, 2004a.

SANTOS, B. S. Para uma sociologia das ausências e uma sociologia das emergências. In. *Conhecimento Prudente Para uma Vida Decente: Um Discurso Sobre a Ciência Revisitado.* Boaventura de Sousa Santos (org.) São Paulo, Cortez, 2004b.

SANTOS, B. S. Introdução. In. *Conhecimento Prudente Para uma Vida Decente: Um Discurso Sobre as Ciências Revisitado.* Boaventura de Sousa Santos (org.) São Paulo, Cortez, 2004c.

SANTOS, B. S. *A crítica da Razão Indolente: contra o desperdício da experiência. Para um novo senso comum. A ciência o direito e a política na transição paradigmática.* Vol. 1; 5 ed. São Paulo, Cortez, 2005.

SANTOS, B. S. Entrevista: Contra a sociologia das ausências, a sociologia das emergências. Entrevista concedida ao suplemento Aliás, *Jornal O Estado de São Paulo,* 27/05/2007.

SANTOS, J. A. A Trajetória da Educação Profissional. In: LOPES, E. M. Teixeira; FARIA FILHO, L. Mendes; VEIGA, C. Greive. *500 anos de educação no Brasil*. 3ª. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2000. pp.43-59.

SAVIANI, D. Educação Socialista, Pedagogia Histórico-Crítica e os desafios da Sociedade de Classes. In. *Marxismo e educação: debates contemporâneos*. José Claudinei Lombardi, Demerval Saviani (Orgs.). Campinas, SP, Autores Associados, Histedbr, 2005.

SAVIANI, D. *Educação: do senso comum à consciência filosófica*. São Paulo, Cortez, Autores Associados, 1980.

SCHWARTZMAN, S. *A Redescoberta da Cultura*. São Paulo, EDUSP, 1997.

SCOCUGLIA, A. C. Crise de paradigmas, história e educação. In: *A história das idéias de Paulo Freire e a atual crise de paradigmas*. João Pessoa: Ed. Universitária/ UFPB, 1997, p.111-172.

SHIVA, V. *Biopiratatria, a pilhagem da natureza e do conhecimento*. Trad. Laura Cardellini. Prefácio: Hugh Lacey e Marcos Barbosa. Petrópolis, RJ, Vozes, 2001.

SILVEIRA, A; F. & SANTOS, K. *Teatro e Educação Ambiental: uma experiência no Ensino Fundamental. Física na Escola*, v.8 (2), outubro, 2007.

SILVEIRA, F. L. A Metodologia dos Programas de Pesquisa: A Epistemologia de Imre Lakatos . *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.13(*3*): 219-230; dezembro. 1996a.

SILVEIRA, F.L. A filosofia da Ciência de Karl Popper: O Racionalismo Crítico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.13(*3*): 197-218; dezembro. 1996b.

SNOW, C.P. *As Duas Culturas e uma Segunda Leitura*. Tradução de Geraldo G. de Souza e Renato de A. Rezende, São Paulo, EDUSP, 1995.

SOARES, M. *Letramento: um termo em três gêneros*. Belo Horizonte, Autêntica, 1998.

SOUSA, C. M. *Quando a Ciência é Notícia na Televisão*. In. *A Comunicação Pública da Ciência.* Cidoval M. de Sousa; Nuno M. Periço e Tatiana S. Silveira (Organizadores). Taubaté, São Paulo, Cabral Editora e Livraria Universitária, 2003.

TRINDADE, A. *Ciência e Senso Comum: uma reflexão ilustrada por comentários sobre o filme O Carteiro e o Poeta*. Pró Ciência. São Paulo, 29 de julho de 2001. Disponível em http://www.prociencia.com.br/default.htm. Acessado em janeiro de 2007.

TRIVIÑOS, A. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. Atlas, São Paulo, 1987.

UNESCO, *La Ciência para el Siglo XXI*: *Una Nueva Visión y un Marco Para la Acción* , Budapeste (Hungria), 1999.

VENEZUELA, MCT. *ACCIONES DE DIVULGACION Y POPULARIZACIÓN EM CIENCIA Y TECNOLOGIA*. II Foro Internacional por Uma Cultura de Ciencia Tecnologia e Innovación em la Sociedade. Bogotá, 2004.

VIEIRA PINTO. *Ciência e Existência: Problemas filosóficos da pesquisa científica.* Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1979.

VOGT, C., *A Aspiral da cultura científica*. Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência (SBPC), Labojor, Brasil, 2003.

WAGNER, P. Sobre Guerras e Revoluções. In. *Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre a ciência revisitado.* Boa Ventura de Souza Santos (Org.), São Paulo Cortez, 2004-B.

WALLERTEIN, I. *Universalismo Europeu: a retórica do poder.* Trad. Beatriz Medina; São Paulo, Boitempo, 2007.

WANDERLEY, L. Educação popular e processo de democratização. In. *A questão política da educação popular.* (Org.) Carlos Rodrigues Brandão. 2ª. ed. São Paulo: Brasiliense, 1980.

ZANETIC, J. *Física e Arte: uma ponte entre as duas culturas.* Pro-posições, Campinas, SP, v.17, (1), pp. 39-58, 2006.

ZANETIC, J. Física e Cultura. *Ciência e Cultura,* São Paulo, v.57, (3), pp.21-24, 2005.

ZYLBERSZTAJN, A. Teoria Final, Unificação e reducionismo: Opinião da Comunidade Brasileira de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Volume 25, n º 1, março de 2003.

ZUBEN, V.N. Notas do Tradutor. In. BUBER, M. *EU e TU*. Tradução: Newton Aquiles Von Zuben. São Paulo, Centauro, 2004.